



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO USANDO
GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO, PARA
CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA
ANDRES AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE.**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

ANÍBAL ADOLFO NIÑO SANTISTEBAN

ASESORES

ING. HUGO PUICAN CARREÑO

ING. JOSE TORRES TAFUR

LINEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

CHICLAYO-PERÚ

2018

0236



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 19:00 horas del día 07 de Diciembre del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 2953-2018-UCV-CH, de fecha 04 de Diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis "DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO, PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE", presentada por la Bachiller NIÑO SANTISTEBAN ANÍBAL ADOLFO con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Civil, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes :



- Presidente: Mg. Carlos Javier Ramírez Muñoz
- Secretario: Ing. Puican Carreño Manuel Hugo
- Vocal: Mg. Torres Tafur José Benjamín

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBAR POR UNANIMIDAD

Siendo las 20:00 horas del mismo día, se dió por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 07 de Diciembre del 2018


Mg. Carlos Javier Ramírez Muñoz
Presidente
Ing. Puican Carreño Manuel Hugo
Secretario
Mg. Torres Tafur José Benjamín
Vocal

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios, que supo guiarme por el buen camino, superando las adversidades que la vida me puso.

A mis padres, por haber estado a mi lado dándome consejos para hacer de mí un hombre de provecho para la sociedad.

A mi esposa e hijo, quienes han sido mi mayor fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor

Aníbal Niño

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer sinceramente a mis asesores, por su valioso apoyo y conocimientos.

Gracias a la Universidad César Vallejo, por albergarme en sus aulas y recibir el conocimiento científico necesario para culminar mi carrera de ingeniería.

Aníbal Niño

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD


Yo, Aníbal Adolfo Niño Santisteban, estudiante del Programa Sube de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI No 17636046, con la tesis titulada "Diseño del pavimento rígido usando geodrenes en tramo crítico, para controlar nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres, Lambayeque".

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena), o falsificación (representar falsamente la información de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 07 de diciembre del 2018



Aníbal Adolfo Niño Santisteban

DNI 17636046

PRESENTACIÓN

Sres. Miembros del Jurado presento antes Ustedes la Tesis titulada “Diseño del pavimento rígido usando geodrenes en tramo crítico, para controlar nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres, Lambayeque”, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Grado Académico de Ingeniero Civil.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El Autor

GENERALIDADES

Título

Diseño del pavimento rígido, usando geodrenes en tramo crítico, para controlar nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres, Lambayeque.

Autor

Aníbal Adolfo Niño Santisteban

Asesor

Ing. Hugo Puican Carreño

Ing. José Torres Tafur

Tipo de Investigación

- Tipo de Investigación: Proyectiva
- Diseño de la Investigación: Descriptivo

Línea de Investigación

Diseño de Infraestructura Vial

Localidad

Distrito de Lambayeque –Perú

Ubicación

Avenida Andrés Avelino Cáceres.

Duración de la Investigación

Fecha de inicio: Junio 2018

Fecha de culminación: Diciembre 2018

INDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN	VI
GENERALIDADES.....	VII
INDICE	VII
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
I. INTRODUCCIÓN	18
1.1 Realidad problemática	18
1.2 Trabajos previos.....	19
1.2.1 A nivel internacional.....	19
1.2.2 A nivel nacional.....	21
1.2.3 A nivel local.....	24
1.3 Teorías relacionadas al tema	25
1.3.1 Conceptos teóricos	28
1.4 Formulación del problema.....	45
1.5 Justificación del estudio	45
1.6 Hipótesis	46
1.7 Objetivos	47
1.7.1 Objetivo General	47
1.7.2 Objetivos específicos	47
II. MÉTODO.....	48
2.1. Diseño en investigación	48
2.2 Variables operacionalización	49
2.3 Población y Muestra.....	51
2.3.1. Población	51
2.3.2 Muestra.....	51
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	51
2.4.1 Técnicas.....	51
2.4.2 Instrumentos de recolección de datos	53
2.4.3 Validación y confiabilidad del instrumento	55

2.5 Método de análisis de datos	55
2.5.1 Análisis de la Frecuencia	55
2.5.2 Análisis del coeficiente de Correlación de Pearson	58
2.5.3 Prueba t de Student	59
2.6 Aspectos Éticos.....	63
III. RESULTADOS	64
3.1 Estudio topográfico	64
3.2 Estudio tráfico	65
3.3. Estudio de mecánica de suelos.....	66
3.4 Estudio de cantera	67
3.5. Estudio hidrológico.....	69
3.6 Diseño de drenaje pluvial.....	69
3.7 Diseño geométrico	71
3.8 Diseño de pavimento	72
3.9 Señalización.....	73
3.10 Diseño de subdrenaje	73
IV. DISCUSIÓN	76
V. CONCLUSIONES	79
VI. RECOMENDACIONES	81
VII. REFERENCIAS	82
ANEXOS	85
Encuesta.....	85
Validación de Expertos.....	88
Matriz de Consistencia.....	90
Anexo 1: Conceptos teóricos, tablas y figuras utilizadas	92
Anexo 2: Desarrollo y procesamiento de información del capítulo II	179
Anexo 3: Estudios Información de estación meteorológica, estudios en campo y laboratorio	356
Anexo 4: Presupuesto.....	402
Anexo 5: Planos	404
Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis.....	414
Autorización para la publicación electrónica.....	415
Reporte de Turnitin.....	416

INDICE DE TABLAS

Tabla n° 01: Valores recomendados para Fi	27
Tabla n° 02: Valores recomendados para Fr.....	28
Tabla N° 03: Puntos de control utilizados.....	65
Tabla N° 04: Factores de distribución direccional y de carril.....	83
Tabla N° 05: Técnicas de investigación de campo.....	88
Tabla N° 06: Puntos de investigación mínimo de acuerdo al tipo de vía.....	89
Tabla N° 07: Ensayos aplicables al EMS con fines de diseño de pavimentos.....	90
Tabla N° 08: Análisis granulométrico	91
Tabla N° 09: Índice de Plasticidad.....	92
Tabla N° 10: Índice de consistencia.....	93
Tabla N° 11: Clasificación típica de CBR.....	95
Tabla N° 12: Sistema de clasificación AASTHO.....	98
Tabla N° 13: Índice de Grupo.....	99
Tabla N° 14: Sistema unificado de clasificación de suelos.....	103
Tabla N° 15: Índice de plasticidad.....	105
Tabla N° 16: Correlación de los sistemas AASHTO y ASTM.....	105
Tabla N° 17: Requerimientos granulométricos para sub-base granular.....	107
Tabla N° 18: Requerimientos de calidad para sub-base granular.....	107
Tabla N° 19: Valor relativo de soporte, CBR NPT 339.145:1999.....	107
Tabla N° 20: Requerimiento del agregado grueso de base granular.....	108
Tabla N° 21: Requerimiento del agregado fino de base granular.....	108
Tabla N° 22: Granulometría de la arena de cama ASTM C33.....	109
Tabla N° 23: Granulometría de la arena sello ASTM C144.....	109
Tabla N° 24: Adoquines requisitos NPT 399.611:2003.....	109
Tabla N° 25: Adoquines requisitos NPT 399.611:2003.....	110
Tabla N° 26: Valores de Periodo de Retorno T (años).....	113
Tabla N° 27: Valores máximos recomendados de riesgos admisibles de obras de drenaje.....	113
Tabla N° 28: Periodos de retorno para diseño de obras de drenaje.....	114
Tabla N° 29: Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas.....	118
Tabla N° 30: Coeficientes de escorrentía en áreas no desarrolladas.....	119
Tabla N° 31: Coeficiente de rugosidad.....	120
Tabla N° 32: Parámetros de Clasificación de Vías Urbanas.....	127
Tabla N° 33: Ancho de carriles urbanos recomendables.....	128

Tabla N° 34: Valores del bombeo de la calzada.....	129
Tabla N° 35: Periodo de análisis.....	134
Tabla N° 36: CBR mínimos recomendados para base granular de pavimento rígido según intensidad de tráfico expresado en EE.....	136
Tabla N° 37: Valores recomendados del concreto, según tráfico.....	138
Tabla N° 38: Condiciones de drenaje.....	139
Tabla N° 39: Coeficientes de drenaje de las capas granulares Cd.....	140
Tabla N° 40: Valores de coeficiente de transmisión de carga J.....	140
Tabla N° 41: Requisitos para diseño de pavimentos especiales.....	142
Tabla N° 42: Granulometría de la arena de sello ASTM C144.....	143
Tabla N° 43: Adoquines –Requisito NTP 399.611:2003.....	144
Tabla N° 44: Resistencia a la compresión.....	144
Tabla N° 45: Requisitos que deben cumplir los pavimentos.....	145
Tabla N° 46: Geotextiles usados en subdrenaje-requerimientos.....	152
Tabla N° 47: Propiedades de resistencia y requerimientos de geotextil según AASHTO M288-96(AASHTO, 1997).....	153
Tabla N° 48: Requerimientos para las propiedades de geotextil de drenaje sub superficial según AASHTO M288-96 (AASHTO, 1997).....	153

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Cuadro de Operacionalización de Variables.....	49
Cuadro N° 2: Análisis de Frecuencias.....	56
Cuadro N° 3: Coeficiente de Correlación de Pearson	59
Cuadro N° 4: Estadística para muestras relacionadas P6 (VI) - P7 (VD)	60
Cuadro N° 5: Correlación de muestras relacionadas P6 (VI) - P7 (VD)	61
Cuadro N° 6: Prueba de muestras relacionadas P6 (VI) - P7 (VD)	61
Cuadro N° 7: Estadística para muestras relacionadas P6 (VI) – P8 (VD)	62
Cuadro N° 8: Correlación de muestras relacionadas P6 (VI) – P8 (VD).....	62
Cuadro N° 9: Prueba de muestras relacionadas P6 (VI) – P8 (VD)	63
Cuadro N° 3.01: Resultado del conteo de tráfico.....	194
Cuadro N° 3.02: Promedio del Tráfico Vehicular de la Semana (IMDs).....	196
Cuadro N° 3.03: Determinación del IMDa, Av. Andrés Avelino Cáceres.....	196
Cuadro N° 3.04: Volumen Vehicular Diario.....	197
Cuadro N° 3.05: Volumen Vehicular de Vehículos Ligeros y Pesados.....	197
Cuadro N° 3.06: Tráfico actual por tipo de vehículo.....	199
Cuadro N° 3.07: Proyección de la demanda del Transito IMD Tota.....	200
Cuadro N° 3.08: Factores de distribución direccional y de carril.....	201
Cuadro N° 3.09: Factor Carril.....	201
Cuadro N° 3.10: Factores de carga de eje equivalente de Asphalt Institut.....	203
Cuadro N° 3.11: Valores de Factor Camión.....	204
Cuadro N° 3.12: Número total de ejes equivalentes de diseño (W18).....	205
Cuadro N° 3.13: C.B.R AL 95 %.....	213
Cuadro N° 3.14: Resumen de los ensayos realizados en laboratorio.....	215
Cuadro N° 3.15: Datos obtenidos en campo.....	219
Cuadro N° 3.16: Información de precipitaciones máxima de 24 horas.....	229
Cuadro N° 3.17: Precipitaciones máximas de 24horas anual y mensual (mm)	230
Cuadro N° 3.18: Precipitaciones máximas de 24 horas anuales (mm).....	230
Cuadro N° 3.19: Precipitaciones máximas de 24 horas mensuales (mm).....	231
Cuadro N° 3.20: Precipitaciones Máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno.....	234
Cuadro N° 3.21: Resultados de las pruebas de Bondad de Ajuste.....	234
Cuadro N° 3.22: Precipitación Máxima en 24 Horas Ponderada.....	236
Cuadro N° 3.23: Precipitaciones totales para duraciones menores a 24 h (mm).....	237

Cuadro N° 3.24: Intensidad (mm/h) para diferentes duraciones de lluvia.....	238
Cuadro N° 3.25: Área de Cuenca desde la C-1 hasta la C-12.....	239
Cuadro N° 3.26: Resumen de parámetro de diseño.....	280

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01 y 02: Análisis de frecuencia aplicado a la pregunta N° 01 y 02....	41
Gráfico N° 03 y 04: Análisis de Frecuencia aplicado a la pregunta N° 03 y 0...	42
Gráfico N° 05 y 06: Análisis de frecuencia aplicado a la pregunta N° 05 y 06...	42
Gráfico N° 07 y 08: Análisis de frecuencia aplicado a la pregunta N° 07 y 08...	43
Gráfico N° 09: Curva Norma de probabilidades de P6 (VI) - P7 (VD).....	46
Gráfico N° 10: Curva Norma de probabilidades de P6 (VI) – P8 (VD).....	48
Gráfico N° 3.01: Volumen de Vehículos diarios.....	195
Gráfico N° 3.02: Determinación del CBR de diseño de la sub rasante.....	213
Gráfico N° 3.03: Descenso de la columna de agua	219
Gráfico N° 3.04: Variación de precipitaciones máximas de 24 horas anual (mm) Estación Lambayeque.....	231
Gráfico N°3.05: Variación de precipitaciones máximas en 24 horas mensual (mm) Estación Lambayeque.....	232

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de geodrén vial	26
Figura N° 3.01: Ubicación de la Av. Andrés Avelino Cáceres.....	191
Figura N° 3.02: Ubicación de la Estación meteorológica Lambayeque.....	228
Figura N° 3.03: Seccionamiento de áreas para diseño de cunetas tramo I, desde la progresiva 0+00- 0+500.....	241
Figura N° 3.04: Seccionamiento de áreas para diseño de cunetas tramo II, desde la progresiva 0+500- 1+192.38.....	242
Figura N° 3.05: Cálculo del tirante (y) para tramo I.....	245
Figura N° 3.06: Dimensiones totales de la cuneta para una sección de vía....	246
Figura N° 3.07: Sección final de Cuneta para MD y MI el tramo I, comprendido progresiva 0+00 a 0+500.....	246
Figura N° 3.08: Cálculo del tirante (y) para tramo II.....	247
Figura N° 3.09: Sección final de Cuneta para el tramo comprendido entre II progresiva 0+500 - 1+192.38.....	248
Figura N° 3.10: Sección transversal de vía progresiva 0+00 a 0+488.43 km....	251
Figura N° 3.11: Sección transversal de vía prog. 0+488.43km a 1+192.38km.	251
Figura N° 3.12: Vista en planta del tramo 1, progresiva 0+00 - 0+488.43km....	253
Figura N° 3.13: Vista en planta del tramo 2, 0+488.43km - 1+192.38km.....	254
Figura N° 3.14: Vista en planta de la Avenida Andrés Avelino Cáceres.....	255

Figura N° 3.15: Coeficientes de reacción de la base granular	262
Figura N° 3.16: Curvas de Diseño del espesor –Base Granular.....	264
Figura N° 3.17: Esquema de la ecuación para calcular espesor de losa.....	269
Figura N° 3.18: Detalle de pavimento rígido con juntas	272
Figura N° 3.19: Sección de losa para análisis.....	273
Figura N° 3.20: Sección de pavimento rígido calculado.....	274
Figura N° 3.21: Sección de veredas.....	275
Figura N° 3.22: Señal Pare.....	282
Figura N° 3.23: Señal de sentido de tránsito: R-14.....	283
Figura N° 3.24: Señal curva pronunciada a la derecha (P-1A).....	284
Figura N° 3.25: Señal curva pronunciada a la izquierda (P-1B).....	284
Figura N° 3.26: Señal de reducción de calzada en ambos lados (P-17A).....	285
Figura N° 3.27: Señal de reducción de calzada en ambos lados (P-21A).....	285
Figura N° 3.28: Señal proximidad reductor de velocidad tipo resalto (P-33A).....	286
Figura N° 3.29: Señal hospital (I-14).....	286
Figura N° 3.30: Línea de borde calzada de la avenida Andrés Avelino C.....	287
Figura N° 3.31: Línea central de la avenida progresiva 0+00 a 0+460.....	288
Figura N° 3.32: Demarcación de línea de pare.....	288
Figura N° 3.33: Flecha recta y de giro para $v \leq 60\text{km/h}$	289
Figura N° 3.34: Sección transversal de ubicación de geodrén.....	291
Figura N° 3.35: Detalle de caudal de infiltración en terreno de cultivo.....	294
Figura N° 3.36: Diseño de tubería de evacuación.....	296
Figura N° 3.37: Esfuerzo normal aplicado aun geodrén.....	301
Figura N° 3.38: Dimensiones de la caja receptora.....	304

RESUMEN

El presente trabajo de tesis, se desarrolló con el objetivo de diseñar la Infraestructura vial urbana de la avenida Andrés Avelino Cáceres en la ciudad de Lambayeque, teniendo en cuenta que existe un tramo que presenta problemas de nivel freático en situaciones críticas.

Capítulo I: se formuló el problema ¿Cómo diseñar un pavimento rígido, si existe un tramo crítico con elevado nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres?

Capítulo II: La investigación es tipo Cuantitativa-Descriptiva, el instrumento utilizado es la encuesta aplicada a una muestra de 98 de una población de 130 viviendas, el resultado de la **hipótesis H1 es aceptado con un 95% de confiabilidad.**

Capítulo III: Diseño de pavimento rígido de 0.20m de espesor de losa y 0.20m de subbase granular, cuentas tipo triangular de $B= 0.60\text{m}$ y $h= 0.30\text{m}$, $Z=2$, se ha diseñado un subdrenaje utilizando geodrén vial de $h=0.50$ y 212.38m de largo, con un geotextil no tejido 3000 y espesor de 2mm, la geored será de HDP de 6.5mm de espesor, la tubería para evacuación de flujo drenado será de 200mm.

Capítulo IV: El MTC, menciona que ante elevado nivel freático en zonas planas se debe elevar la rasante, este criterio es tomado por muchos profesionales que se limitan a elevar la rasante perjudicando muchas viviendas sin buscar otras soluciones.

Capítulo V: Se realizaron los estudios previos, así como estudios hidrológico, hidráulico y geométrico del drenaje superficial, se propuso diseño del pavimento como del subdrenaje.

Capítulo VI: Incluir en las normas técnicas peruanas mayor información respecto al diseño de geotextiles para subdrenaje.

PALABRAS CLAVES: pavimento rígido, tráfico, drenaje, subdrenaje, geodrén

ABSTRACT

This thesis work was developed with the objective of designing the urban road infrastructure of the avenue Andrés Avelino Cáceres in the city of Lambayeque, taking into account that there is a section that presents problems of water table in critical situations.

Chapter I: the problem was formulated How to design a rigid pavement, if there is a critical section with high water table in the Avenida Andrés Avelino Cáceres?

Chapter II: The research is Quantitative-Descriptive type, the instrument used is the survey applied to a sample of 98 of a population of 130 households, the result of the hypothesis H1 is accepted with a 95% reliability.

Chapter III: Design of rigid pavement of 0.20m of slab thickness and 0.20m of granular subbase, triangular type accounts of $B = 0.60\text{m}$ and $h = 0.30\text{m}$, $Z = 2$, a subdomain has been designed using geodrén vial of $h = 0.50$ and 212.38m long, with a non-woven geotextile 3000 and thickness of 2mm, the grid will be of HDP 6.5mm thick, the drainage pipe for drained flow will be 200mm.

Chapter IV: The MTC mentions that when faced with a high groundwater level in flat areas, the ground level must be raised, this criterion is taken by many professionals who limit themselves to raising the ground level, damaging many dwellings without looking for other solutions.

Chapter V: Previous studies were carried out as well as hydrological, hydraulic and geometrical studies of the surface drainage, the pavement was proposed as the sub-drainage.

Chapter VI: Include in Peruvian technical standards more information regarding the design of geotextiles for subdrenching.

KEY WORDS: rigid pavement, traffic, drainage, subdrench, geodrén

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La avenida Andrés Avelino Cáceres consta de 12 cuadras desde su inicio ubicado en la intersección con la avenida Ramón Castilla hasta su punto final, teniendo una longitud de 1192 metros, punto donde termina la zona urbana de la ciudad de Lambayeque.

Durante el transcurrir de los años entre las cuadras 1 a la cuadra 6 de esta avenida, se ha venido utilizando pavimentos flexibles los mismos que se han deteriorado mucho antes de cumplir su vida útil, principalmente por falta de mantenimiento, así mismo debido excavaciones realizadas después de la construcción del pavimento para realizar cambio de tubería de la red principal de alcantarillado, así como instalaciones domiciliarias de agua y desagüe a viviendas que no contaban con el servicio.

Entre la cuadra 7 y la cuadra 12 la superficie de rodadura es de tierra natural, solo se cuenta con un sistema de saneamiento básico, por ello cada vez que se presentan precipitaciones, estas cuadras se llenan de lodo y barro, lo cual impide el libre tránsito vehicular y peatonal.

En el tramo final de la avenida, específicamente en la margen derecha entre las cuadras 11 y 12, existe instalado un cultivo de caña de azúcar, el cual se riega por surcos con una frecuencia aproximadamente cada 25 días, el riego de este este cultivo satura el suelo, elevando el nivel freático, este problema aumenta la velocidad de deterioro del cualquier pavimento que se diseñe en este tramo de la avenida en estudio.

Para el diseño del pavimento del presente estudio se tendrá que plantear la manera como controlar el nivel freático en este tramo, de tal manera que la propuesta de diseño sea técnica, económica y funcional.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 A nivel internacional.

(TAHUIITE LOPEZ, 2015), con su estudio de tesis denominada: “DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA, en el cual desarrolla un diseño de pavimento rígido de 3.20 km y un drenaje aproximadamente de 4.30 km.

El diseño del pavimento rígido y drenaje se realiza como necesidad de la población para que en épocas de invierno no tengan problemas de erosión e inundación.

Para el diseño del pavimento rígido utiliza los principales factores que intervienen en el dimensionamiento de losas de concreto en pavimento y la descripción del método simplificado de la PCA, con este método obtiene un espesor de subbase de 10.16 cm y un espesor de losa de 15.24 cm, con un CBR de 25%.

Para el diseño de drenaje lo realiza utilizando tuberías con cámaras de inspección cada cuadra, la tubería la ubica a profundidades mínimas de 1.20 m para evitar que esta sea afectada por la carga de vehículos, este sistema de drenaje es aplicado puesto que existe un sistema en la zona donde este será conectado para su funcionamiento.

(RUIZ URRUTIA, y otros, 2016), en su tesis denominada: “COMPARACIÓN TECNICO-ECONOMICA DEL USO DE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE EN NICARAGUA. ESTUDIO DE CASO: TRAMO UNIKWAS-MULUKUKU”, realiza un comparativo técnico económico entre un pavimento rígido usando concreto simple y un pavimento flexible en caliente, este comparativo de alternativas, se ha analizado mediante el método AASTHO 1993 porque esta metodología a diferencia de otras, usa el concepto de servicialidad en el diseño de pavimentos que es una medida del comportamiento del pavimento que se relaciona con la seguridad al usuario.

Este estudio menciona que además de elegir la adecuada metodología de diseño es necesario analizar alternativas de diseño, en las cuales se prevean las variables económicas, constructivas y elegir la que tenga mayor capacidad de disipar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y que resulte ser más económica posible.

Según el análisis del presente estudio de tesis los costos iniciales del pavimento rígido son mayor a los costos iniciales si se utiliza pavimento flexible ya sea utilizando base granular sin tratar o con base granular estabilizada.

Según las conclusiones del presente estudio de investigación identifica que el pavimento flexible necesita un mayor espesor de base y sub base, sin embargo, los costos iniciales de ejecución son inferiores a los costos requeridos por el pavimento rígido, aunque el espesor de la estructura sea menor.

La ventaja de aplicar la metodología de la AASHTO 1993, para el diseño de pavimento Rígido, es porque se puede calcular directamente el espesor adecuado de la losa de concreto para soportar la carga vehicular en el periodo de diseño de la estructura, en cambio cuando se diseña el pavimento flexible con la misma metodología AASHTO-93, es una reacción a la carga inducida por el tráfico, la cual debe ser distribuida y absorbida por las capas subyacentes, por este motivo de no realizarse un diseño correcto de estas capas, existe un riesgo muy alto de que el pavimento pueda producir fallas de manera temprana.

En el análisis económico se evaluó los costos de construcción y mantenimiento que necesita cada tipo de pavimento, siendo el pavimento flexible el que necesita mayores actividades de mantenimiento, sin embargo, es menor costo al final del periodo de diseño, el pavimento rígido que tiene bajos costos de mantenimiento, pero encarece el proyecto los altos costos iniciales.

(MARIN HERNANDEZ, y otros, 2014), en su estudio de tesis denominado “DRENAJE Y SUBDRENAJE EN CARRETERAS”, menciona que las obras de drenaje y sub drenaje en carreteras o vías son de gran importancia, ya

que el objetivo de estas obras es preservar la carretera, debido a la función económica y social que representa además de ellos los costos que generan estos proyectos.

El drenaje superficial proveniente mayormente de precipitaciones se evacua a través de cunetas, para evitar que estas se infiltren a las capas inferiores del pavimento y puedan afectar su funcionalidad del cualquier elemento de la carretera o vía.

El drenaje subterráneo su misión principal es impedir el paso del agua a las capas superiores de la carretera, específicamente a la estructura del pavimento, por lo que debe controlar el nivel freático y los posibles acuíferos y corrientes subterráneas existentes.

El nivel freático generalmente es paralela a la superficie del terreno, en terrenos planos o de pendientes suaves es necesario realizar estudios de investigación para averiguar su profundidad y así definir las zonas o tramos que necesitan sub drenaje.

Por su importancia el diseño de drenaje y sub drenaje requiere realizar estudios clima, suelo, hidrología, geología y ecología.

1.2.2 A nivel nacional

(SICHA FLORES, 2018), en su estudio de tesis denominado: “DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS PARA LA FUNCIÓN DE SEPARACIÓN, FILTRACIÓN Y REFUERZO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES”, menciona que del punto de vista técnico, se asumió que el uso de geotextil de filtración ayudaría a drenar toda el agua filtrada, manteniendo el coeficiente de filtración de diseño del pavimento, así mismo el tesista determinó que disminuyendo en 0.1 este coeficiente de filtración del geotextil, el pavimento sin subdrenaje perdería más del 30% de serviciabilidad. De esta forma, se justificaría el uso del subdren envuelto en un geotextil, para esta aplicación, es de gran importancia y cuidado la correcta colocación del material para obtener resultados satisfactorios. Así también el análisis económico consistió en comparar el costo de un pavimento sin subdrenaje respecto al

pavimento con subdrenes, se asumió que el pavimento con subdrenaje aseguraba la totalidad del tiempo de vida útil. (10 años).

Del análisis el tesista determinó que, si el diseño sin subdrenaje superaba los 6 años de vida, entonces el costo neto sería menor a otro pavimento, de no ser así el sistema de subdrenaje sería más económico, pero a largo plazo.

Menciona que también se podría realizar un análisis entre un subdren francés con geotextil con otro sin geotextil, o también compararlo con un geocompuesto o geodrén el cual requerirá de menor ancho de zanja.

(ARAKAKI, 2014), En la tesis denominada: “DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA NUEVA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO DE HUACHO A PATIVILCA (KM 188 A 189)”,

En esta tesis el autor hace el diseño de un pavimento para la nueva carretera Panamericana Norte, tramo entre Huacho y Pativilca, usando diferentes metodologías que lleven a determinar que opción es la más económica. En el diseño del pavimento se consideró los pavimentos rígidos y flexibles.

Respecto al diseño del pavimento rígido se ha obtenido como mejor opción un espesor de losa de concreto promedio de 30 cm y 15 cm de base con método PCA. Para el pavimento flexible se ha obtenido la mejor opción de 10cm de carpeta asfáltica, 40 cm de base y 45 cm de sub base con método AASHTO 93.

La comparación entre estos pavimentos dio como resultado que el pavimento flexible es un 19% más económico que el pavimento rígido.

El Esal's para el pavimento flexible fue de 4.10×10^7 y para el pavimento rígido fue de 6.6×10^6 , con un suelo de tipo CL o A-6 (9) y un 7% de CBR.

Un pavimento flexible se deteriora más rápido y de modo más severo que el pavimento rígido, por tanto, así el costo que en un inicio sea necesario para la construcción de un pavimento flexible sea menor que el del

pavimento rígido, los procedimientos a los que sea sometido y la agilidad con la que se construya significarán que el costo inicial se incremente.

En el diseño de pavimento rígido, mientras que PCA obtuvo un espesor de 30cm de losa para una base de 15m, el método Aashto 93 alcanzó 33cm de losa para satisfacer las mismas condiciones, por este motivo el autor consideró utilizar el método PCA.

(CHUMBE YDROGO, y otros, 2018), en la tesis denominada: “PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS Y OBRAS DE DRENAJE PLUVIAL EN LA RECONSTRUCCION DE JIRONES Y/O PASAJES (JR. FRANCISCO BOLOGNESI CDA. 10 – 17, JR. PERÚ CDA. 04 – 15, JR. ESPAÑA CDA. 09 – 13.....), PRINCIPALES VIAS DE ACCESO AL SECTOR PARTIDO ALTO Y LA HOYADA, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGIÓN DE SAN MARTIN”, menciona que esta tesis fue desarrollada para optimizar condiciones apropiadas para el tránsito vehicular y peatonal en las principales vías de acceso del sector Partidor Alto y la Hoyada así mismo menciona el diseño de un drenaje para evacuar las aguas provenientes de las lluvias, ya que no se cuenta con infraestructura de drenaje pluvial, sin dejar de lado la relación beneficio-costos.

Según los estudios de mecánica de suelos, no se ha encontrado nivel freático alto en las 20 exploraciones realizadas por el tesista, por este motivo, los estudios no consideran el diseño de obras de subdrenaje para proteger la estructura del pavimento, sin embargo, si considera el diseño de obras de drenaje superficial, dado que la máxima intensidad de lluvia calculada con la información pluviométrica de la estación meteorológica más cercana es de 44.91mm/hr.

Para evacuar el agua superficial del pavimento ha considerado colectores o cunetas de sección cuadrada en los laterales de la vía y como drenaje transversal, es decir las aguas pluviales que atraviesan la vía, ha considerado alcantarillas de concreto armado.

(BENAVENTE LEON , y otros, 2015), en su tesis denominada: “LA PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES DEL CENTRO POBLADO EL TREBOL, HUARAL”, menciona que la pavimentación de las calles del CP. El trébol es rentable técnica social, económica y ambiental.

Para el presente estudio se diseñó un pavimento flexible por el método AASTHO1993, con los ensayos de mecánica de suelos se obtuvo un CBR de 36% al 95% de su máxima densidad seca, con un espesor de carpeta asfáltica de 2” y un espesor de sub base granular de 8”.

La clasificación de suelo según Sucs es un GP-GM y según Aashto A-1-a índice de grupo (0).

1.2.3 A nivel local

(GARCÍA FARIAS , 2015), mediante la tesis denominada:” DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN EN LA HABILITACIÓN URBANA LAS DUNAS DE LAMBAYEQUE”, en el presente estudio, se ha diseñado un pavimento con concreto asfáltico en frío, por el método de NAASRA, con esta metodología se calcula la estructura del pavimento de 40 cm, sub base 25 cm, base 15 cm, espesor de capa de rodadura de 2”, de los estudios de mecánica de suelos arroja un CBR promedio de 6.27%.

Se de los estudios de laboratorio se han encontrado sales solubles en porcentajes que no superan el 1%, por tanto, no ocasionará pérdida de resistencia por lixiviación (lavado de sales), se recomienda usar cemento tipo MS en la elaboración de concreto para veredas.

En los estudios de suelos se exploraron 12 calicatas con una profundidad máxima de 1.30m, se encontró nivel freático.

La precipitación máxima es de 50mm/h y el Esal's es de 2×10^6 vehículos por día.

(CARHUATOCOTO JAIMES, y otros, 2015) , en su estudio de tesis denominado: ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CAPOTE – LAMBAYEQUE, en el capítulo de Estudio de Hidrología e Hidráulica y

drenaje en el numeral en la página 184 menciona que el agua de drenaje puede provenir de precipitaciones pluviales y/o de terrenos agrícolas adyacentes.

En la página 193, menciona que el estudio de sub drenaje demanda de mucha experiencia y certeza ya que el comportamiento del nivel freático es dinámico es decir varía según las estaciones del año. Asimismo, menciona que la necesidad de obras de subdrenaje vial no es el resultado de un cálculo matemático determinístico, si no de estimaciones generalmente obtenidos de observaciones directas y muestreos del terreno.

El presente estudio menciona que la necesidad de obras de subdrenaje se debe evaluar en la fase de campo, teniendo en cuenta si la vía está cerca o influenciada por lo siguiente:

- Presencia de manantiales de agua que brotan del subsuelo, estanques, canales de tierra en la parte más elevada de la vía.

- Alteraciones, desplome y/o asentamientos del pavimento, que se originan por presencia de agua subterránea

- Presencia de cultivos que demandan gran cantidad de agua (arroz).

- Existencia de terrenos agrícolas con riego tecnificado.

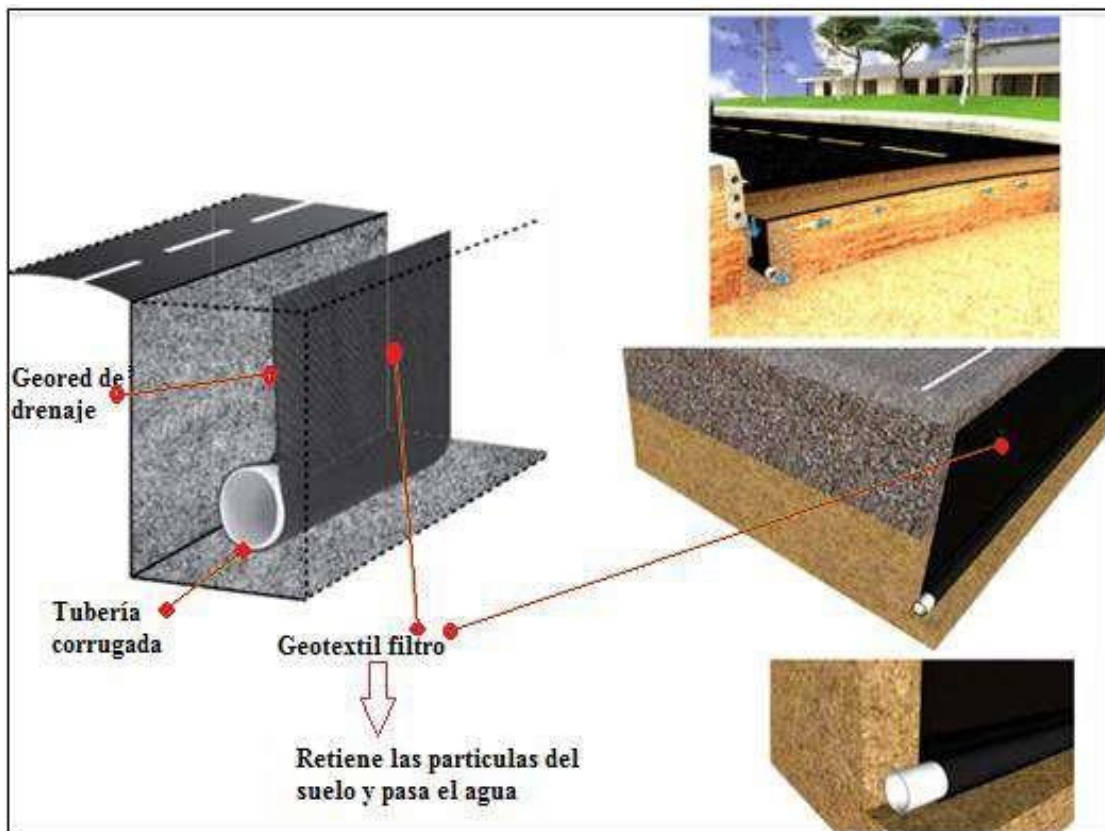
- Filtraciones en laderas, lo que ocasiona que el suelo se sature y existan plantas silvestres.

- Existencia de elevado nivel freático de acuerdo a inspecciones realizadas en calicatas.

1.3 Teorías relacionadas al tema

(PULECIO DIAZ, 2015), en su publicación: “TIPOLOGÍAS DE DRENAJE Y SUB DRENAJE EN VÍAS” en la pág.23 menciona que el **geodrén vial** es una nueva opción para el diseño de obras de subdrenaje y está conformado por un geodrén planar, una tubería corrugada agujereada para el drenaje y material filtrante seleccionado. Así mismo menciona que el geodrén puede juntarse a una de las paredes de la zanja dependiendo de la dirección del flujo.

Figura N° 1: Ubicación de geodrén vial



Fuente: (PULECIO DIAZ, 2015), Tipologías de drenaje y sub drenaje en vías, página 24

(GEOSOFIT PAVCO, 2012), Geosistemas PAVCO SA ha investigado y analizado hace más de veinte años el comportamiento de los Geosintéticos en sus diferentes usos, financiando trabajos tecnológicos y de investigación que amplíen los estudios de los Geosintéticos y que cada día se ofrezcan productos que respeten los más elevados estándares de calidad a nivel mundial, por ello en la 9na edición del manual de Diseño con Geosintéticos, en el capítulo 10, Sistemas de drenaje con Geodrén, en la página 251 menciona que para realizar un buen diseño usando Geodrén se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Establecer el sitio más adecuado donde se intercepte los fluidos a evacuar.
2. Calcular el caudal máximo para un intervalo de diseño, haciendo la suma de los caudales de aporte que provienen del agua de la capa sub superficial.

3. Diseñar el geotextil para obtener una filtración adecuada en el sistema. Los geotextiles son materiales de alta calidad que se fabrican siguiendo procesos estandarizados, con el fin de lograr unas resistencias mecánicas y característica hidráulicas que establecen las normas internacionales.

4. Determinar el sistema de drenaje de los fluidos que capta el Geodrén.

Además, este manual, menciona que para el geodrén planar, la profundidad de colocación deberá ser tal que la línea superior de flujo generada por abatimiento de la napa freática no toque la estructura del pavimento.

Así mismo de acuerdo a las investigaciones para el cálculo del caudal de diseño de subdrenaje ($Q_d = Q_{inf} + Q_{NF}$), este libro sugiere usar valores para F_i y F_R , los cuales son mencionados en la **Tabla N°01** y **Tabla N°02**.

$$Q_{inf} = I_R * B * L * F_i * F_R ,$$

$$Q_{NF} = K * i * A_a.$$

Siendo F_i : Factor de infiltración; este libro recomienda los valores que aparecen en la **Tabla N°01**.

Tabla 1: VALORES RECOMENDADOS PARA F_i

Tipo de carpeta	F_i
Carpetas asfálticas muy bien conservadas	0.30
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0.40
Carpetas asfálticas pobremente conservadas	0.50
Carpetas de concreto de cemento Portland	0.67

Fuente: (GEOSOFIT PAVCO, 2012)

F_R : Factor de retención de la base; pone de manifiesto el hecho de como las bases, dada su velocidad de paso a través de los poros del suelo, entregan lentamente el agua al subdren. Este libro sugiere usar valores de la **Tabla N°02**.

Tabla 2: VALORES RECOMENDADOS PARA FR

Tipo de Base	FR
Bases bien gradadas, en servicio 5 años o mas	1/4
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio 5 años a más	1/2

Fuente: (GEOSOFTE PAVCO, 2012)

1.3.1 Conceptos teóricos

A continuación, se describe las metodologías usadas para el presente estudio de investigación.

1.3.1.1. Estudios previos

Son estudios básicos de ingeniería que se realizan previamente al desarrollo de un proyecto de investigación.

1.3.1.1.1. Normas Técnicas

Las normas técnicas usadas el presente estudio de investigación son las siguientes:

Norma C.E 010 Pavimentos urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Norma O.S 060 Drenaje pluvial urbano del Reglamento Nacional de Edificaciones

Normas contenidas en el Manual de carreteras, Diseño Geométrico, del Ministerio Transportes y Comunicaciones-2018.

Normas contenidas en el Manual de carreteras, geología, geotecnia, suelos y pavimentos, del Ministerio Transportes y Comunicaciones-2014.

Normas contenidas en el Manual de hidrología hidráulica y drenaje del Ministerio Transportes y Comunicaciones-2011.

Normas contenidas en el Manual de especificaciones técnicas generales para la construcción del Ministerio Transportes y Comunicaciones-2013.

1.3.1.1.2. Estudio de Topografía

La topografía es uno de los factores principales en la localización de una vía, pues permite al ingeniero examinar una faja de terreno buscando las características topográficas, permitiendo identificar puntos de controles que pueden ser naturales, artificial o hechos positivos o negativos por el hombre que restringirán el trazo generalmente afecta a los alineamientos, pendientes, visibilidad y secciones transversales de la vía.

(LUPACA HUICHI, 2017), “en cualquier condición, para llevar a cabo el trabajo de topografía se requerirá necesariamente de un equipo técnico y humano”.

Para un estudio topográfico de vías urbanas, se deberá realizarse el levantamiento en planta con todas las características existentes, levantamiento altimétrico referenciado con puntos de control del IGN, se deberá tener muy en cuenta los buzones existentes y los pisos de las casas existentes de tal manera que, al proyectar la rasante, estas viviendas no queden en cotas muy inferiores respecto a la acera.

1.3.1.1.3. Estudio de Tráfico

(MTC, 2014), En la sección suelos y pavimentos de este manual, con respecto al estudio de tráfico menciona que se debe conocer lo siguiente:

a. Conocimiento de la demanda para estudios

El estudio de tráfico debe proporcionarnos el índice medio diario anual (IMDA), además de conocerse la demanda de volumen de tráfico actual debe conocerse la clasificación por tipo de vehículos. La información obtenida sirve principalmente de base para calcular la demanda proyectada en el periodo de análisis o de diseño, así mismo establecer los ejes equivalentes (EE) de diseño para el pavimento.

b. Factor direccional y factor carril

El factor direccional es expresado como una relación de los vehículos pesados que pasan por un determinado sentido o dirección del tráfico, normalmente corresponde a la mitad del volumen de tránsito total de circula en ambas direcciones.

c. Cálculo de tasas de crecimiento y proyección

Para la estimación del crecimiento del tránsito el MTC recomienda utilizar la fórmula de progresión geométrica:

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n : Tránsito proyectado

T_o : Tránsito actual

R : Tasa anual de crecimiento de tránsito

N : Número de años en el periodo de diseño.

Para la estimación del factor de crecimiento anual (Fca), se ha utilizado la fórmula de progresión geométrica por separado tanto para el componente de crecimiento de tránsito de vehículos de pasajeros (vehículos ligeros) y para el componente de tránsito de vehículos de carga (vehículos pesados).

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

Fca. : Factor de crecimiento anual

r : Tasa de crecimiento

n : Periodo de diseño

d. Factor vehículo pesado (Fvp)

También se le denomina factor camión, que significa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado, sea bus o

camión. El promedio del factor camión resulta de dividir la suma de ejes equivalentes de un bus o camión entre la suma de ejes equivalentes del vehículo pesado elegido.

e. Numero de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL)

Los ejes equivalentes (EE) son factores de equivalencia que determinan la causa destructiva de distintas cargas de diferentes tipos de ejes de vehículos pesados sobre la estructura de cualquier pavimento.

Para calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.20 tn o 18 kips o 80 kn se usa la siguiente expresión:

$$N_{rep \text{ de } EE_{8.2 \text{ tn}}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365]$$

Donde:

$N_{rep \text{ de } EE_{8.2 \text{ tn}}}$: Numero de repeticiones de ejes equivalentes de 8.20 tn

$EE_{\text{día-carril}}$: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado por día para el carril de diseño

F_{ca} : Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado

En el **ANEXO 01** se presenta las tablas que se usan para el desarrollo de este capítulo.

1.3.1.1.4. Estudio de Mecánica de Suelos

(KURE BERNAL, 2011). Consiste en la obtención de muestras previo la realización de calicatas 1mx1m de profundidad variable dependiendo del tipo de estructura, estas muestras son llevadas a laboratorio para obtener las propiedades físicas químicas del suelo y rocas, esta información se plasma en el denominado resumen de ensayos.

Para el presente capítulo se tomado como referencia el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma C.E 010 Pavimentos urbanos.

EI (MVCS NT.CE.010, 2010) a través de la norma C.E 010 pavimentos urbanos capítulo 03, hace mención a las Técnicas de investigación de campo, ensayos de laboratorio, requisitos de materiales para base y sub base granulares.

Permeabilidad el suelo.

(ANGELONE, y otros, 2006), la permeabilidad es la facultad con que el agua atraviesa los poros del suelo, se dice que un suelo es permeable cuando tiene vacíos continuos incluyendo las arcillas que son materiales finos muy compactos.

Según Darcy el grado de permeabilidad está dado por:

$$V = K * i, \text{ donde:}$$

V: velocidad de escurrimiento de un fluido

K: coeficiente de permeabilidad

I : gradiente hidráulico

Para determinar la permeabilidad tanto para suelos granulares (arenas) y para suelos finos (arcilla, limo), ensayos conocidos como nivel de agua constante y nivel de agua variable respectivamente.

(L. TORRES, 2009), ensayo de permeabilidad insitu, Método de Lefranc con nivel de agua variable el cual está basado en la norma ASTM D4631-95.

$$K = \frac{d^2}{8 h t} \frac{\ln \frac{H_i}{H_f}}$$

Donde:

K: coeficiente de permeabilidad

Hi, Hf: altura inicial y final del ensayo

t: tiempo transcurrido entre la lectura de Hi y Hf.

h: longitud de la zona filtrante.

d: diámetro de la entubación.

1.3.1.1.5. Estudio de canteras

El estudio de cantera es de vital importancia en todo proyecto vial para seleccionar la calidad del material para base y sub base del pavimento, así como para otros usos, por ello es necesario determinar las características físicas mecánicas y químicas del material en laboratorio.

Las características físico, químico y mecánicas del material se determinarán mediante ensayos de laboratorio y serán las que señalen el manual de carreteras suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos-2014.

De la misma manera el (MVCS NT.CE.010, 2010), proporciona tablas que se deberá tener en cuenta para seleccionar el material de la base o sub base granular para el diseño de la estructura del pavimento.

El material de cantera deberá cumplir lo siguiente:

Límite Líquido (NTP 339.129:1999) máximo 25%.

Índice Plástico (NTP 339.129:1999) entre 4-6%.

Valor relativo (NTP 339.145:1999) mínimo de 30-40%.

Sales solubles (NTP 339.152:2002) máximo 1%.

1.3.1.2. Estudio hidrológico

(MTC-14, 2011), El estudio hidrológico está orientado a determinar el caudal de diseño de obras que comprenden un sistema de drenaje que puede ser superficial o subterráneo.

1.3.1.2.1. Análisis de la información pluviométrica

Según (RNE-MVCS, 2006) y sus modificaciones, Norma OS.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO en el Anexo 01 ítem 2.5 inciso b, menciona que de existir sólo información pluviométrica en la zona de estudio, se determinará la distribución de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas de dicha estación.

(MTC-14, 2011), para determinar la distribución de frecuencias se debe analizar y procesar estadísticamente la información con los diferentes métodos que existen como son:

- Distribución Normal.
- Distribución LogNormal 2 Parámetros.
- Distribución LogNormal 3 Parámetros.
- Distribución Gamma 2 Parámetros.
- Distribución Gamma 3 Parámetros.
- Distribución Log Pearson III.
- Distribución Gumbel.
- Distribución LogGumbel.

Luego de realizar los cálculos estadísticos con las distribuciones probabilísticas anteriormente se deberá calcular las precipitaciones máximas de 24 horas.

1.3.1.2.2. Determinación de la intensidad de lluvia

Según (RNE-MVCS, 2006) y sus modificaciones norma OS.060 drenaje pluvial urbano en el cual hace referencia lo siguiente:

Que la intensidad de lluvia de diseño de un determinado punto del proyecto de drenaje es el promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena en ese punto, es decir igual al tiempo que se tarda la última gota en drenarse del punto más lejano de la cuenca hasta el punto de salida.

La ruta de flujo del sistema de drenaje está constituida por:

La ruta de flujo desde el punto más remoto hasta el ingreso a los ductos de drenaje o canalizaciones.

Ruta donde el flujo fluye dentro del sistema de ductos o canalizaciones hasta el punto de interés.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el tiempo de concentración a lo largo de una ruta de drenaje hasta el punto de interés (t_c) es:

$$T_c = T_o + T_f$$

Donde:

To: tiempo de concentración y puede estimarse mediante observaciones experimentales o usando tablas.

Tf: tiempo de flujo y está dado por la ecuación:

$$T_f = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i}$$

Donde:

L_i = Longitud del i-ésimo conducción (ducto o canal) a lo largo de la trayectoria del flujo.

V_i = Velocidad del flujo en el ducto o canalización

En ninguna situación el tiempo de concentración T_c deberá ser menor a 10 minutos.

En cualquier punto de ingreso al sistema de ductos y canalizaciones, al menos una ruta solo tiene tiempo de ingreso al sistema de ductos, T_o . Si existen otras rutas, tienen los dos tipos de tiempos T_o y T_f .

1.3.1.2.3. Área de la cuenca urbana

(RNE-MVCS, 2006) y sus modificaciones Norma OS.060 drenaje pluvial urbano al respecto menciona que para proyectos referente a sistemas de drenajes es necesario determinar el tamaño y forma de la cuenca o sub cuenca utilizando para ello planos topográficos actualizados con intervalos entre curvas de nivel adecuados para distinguir de manera confiable la dirección del canal de drenaje superficial.

Deberán realizarse mediciones en las áreas que tiene influencia en el sistema de drenaje a diseñar, así mismo deberán medirse las sub áreas de drenaje que contribuyan al sistema de drenaje para su evacuación.

Las tablas y figuras para el desarrollo del presente capítulo se encuentran en el **ANEXO 01**.

1.3.1.3. Características hidráulicas y geométricas del drenaje superficial.

Para la determinación de las características hidráulicas y geométricas del drenaje superficial es imprescindible determinar la escorrentía superficial o caudal producto de las precipitaciones pluviales.

Según (RNE-MVCS, 2006) Norma OS.060 drenaje pluvial urbano, menciona que la estimación de los caudales para sistemas de drenaje urbano menor se puede utilizar el Método Racional aplicable para cuencas pequeñas (< 13 Km²).

La descarga máxima de diseño o caudal pico, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m³/s)

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km²)

Con el caudal calculado anteriormente es posible determinar las características hidráulicas y geométricas del drenaje superficial utilizando la fórmula de manning. Para ello el (RNE-MVCS, 2006) norma OS.060 drenaje pluvial urbano, recomienda que la pendiente S% longitudinal debe ser mayor a 0.5% y la transversal de estar entre 2 y 4%, la velocidad máxima debe variar entre 2 y 5m/s dependiendo de la calidad del concreto y el coeficiente de rugosidad de manning “n” será 0.012 obtenido de la misma norma.

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R_h^{2/3} \cdot S_o^{1/2} = c \cdot i \cdot A_{\text{tributaria}}$$

Donde:

Acuneta : Area hidraulica de la cuneta

R	: Radio hidraulico
H	: tirante hidraulico
So	: pendiente
N	: coeficiente de rugosidad de maning
C	: coeficiente de escorrentia
I	: intesidad de precipitación
At	: Area tributaria

(RNE-MVCS, 2006), la sección transversal del drenaje para la salida de aguas pluviales generalmente tiene una sección de triángulo con base recta con el sardinel formando el lado perpendicular del triángulo. La hipotenusa puede ser parte de la pendiente recta desde la corona del pavimento.

Las tablas y figuras para el desarrollo del presente capítulo se encuentran en el **ANEXO 01**.

1.3.1.4. Diseño geométrico de la vía

(DANE, 2014), (ICG, 2005), mencionan que la clasificación de vías considera cuatro categorías principales: **Vías expresas, arteriales, colectoras y locales**. Así mismo existe una categoría adicional denominada “**vías especiales**” aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales.

1.3.1.4.1. Longitud de vía

La avenida Andrés Avelino Cáceres materia del presente estudio de tesis, consta de 12 cuadras, desde la intersección con la Av. Andrés Avelino Cáceres hasta el final de la zona urbana, una longitud de 1,192.30m.

1.3.1.4.2. Ancho de vía

Según (ICG, 2005), El ancho recomendable para los carriles de una vía dependerá principalmente de la clasificación de la misma y de la velocidad de diseño adoptada, sin embargo no siempre será posible que los diseños se efectúen según las condiciones ideales. El proyectista podrá justificar el empleo de valores excepcionales atendiendo aspectos sociales, económicos, físicos, geográficos e inclusive institucionales. Dependiendo de la velocidad de diseño y de la clasificación vial, el ancho de los carriles, en tramos rectos, así mismo este documento menciona que el ancho mínimo de carril en pista normal y tratándose de una vía local es de 2.75m.

1.3.1.4.3. Pendiente de vía

Según (MTC, DG -, 2018), la pendiente longitudinal mínima debe ser 0.50% a fin de asegurar en todo punto de la calzada su respectivo drenaje de agua superficiales, así mismo menciona que si el bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, la pendiente mínima puede ser excepcionalmente 0.2%, y si el bombeo de 2.5% en ese caso excepcionalmente la pendiente podrá ser igual a cero.

Así mismo (MTC, DG -, 2018), la pendiente máxima según la tabla 303.01 de la página 171 de este manual es de 9%, para una demanda de 2,000-400 veh /día, con una velocidad directriz de 40 km/h.

1.3.1.4.4. Sección transversal de vía

Según (ICG, 2005), es el diseño de diversos elementos que se encuentran sujetos a la demanda de tráfico, al reglamento nacional de construcciones y ordenanzas municipales, los elementos son: número de carriles/ancho de calzadas, ancho de carriles, bombeo, separadores, bermas, sardineles, sección de túneles.

1.3.1.5. Diseño estructural del pavimento

(MTC, 2014) Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos, define al pavimento como una estructura conformada por varias capas sobre la subrasante, para resistir y distribuir las cargas transmitidas por el flujo vehicular que permitan seguridad y comodidad al transporte, por lo general estas capas que lo conforman son: sub base, base y capa de rodadura.

Pavimento rígido o de concreto

(MTC, 2014), el pavimento rígido es una estructura compuesta por dos capas, una capa sub base, esta puede ser de material granular (afirmado) o puede ser estabilizada con cal, cemento o asfalto y una capa denominada losa de concreto hidráulico conformado de cemento (aglomerante) y agregados y de ser el caso aditivo, ya sea retardantes o acelerantes.

Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías definidas:

- Pavimento de concreto simple con juntas.
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas.
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

1.3.1.5.1. Diseño de espesor de losa en pavimento rígidos.

Según (MVCS NT.CE.010, 2010) existen varios métodos para diseñar pavimentos pero los más empleados en el Perú son el método del Instituto del Asfalto AASTHO 93 y de la PCA.

Para el presente estudio se utilizará el primero por contener en su desarrollo la servicialidad que es la condición necesaria para proveer al usuario seguridad y confort.

Método AASTHO 93 para espesor losa en pavimentos rígidos

La presente metodología está basada en el Manual “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” (1993).

Esta metodología mediante un proceso interactivo asume espesores de la losa de concreto hasta llegar al equilibrio la ecuación Aastho 1993, este espesor calculado debe soportar el número de repeticiones sin sufrir deterioro, de la misma manera no deberá tener un nivel de servicialidad inferior al estimado.

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times \text{Pt}) \times \text{Log}_{10}\left[\frac{\text{MR} \times \text{Cd} \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{K})^{0.25}})}\right]$$

Donde:

- D = Espesor de la losa del pavimento en (in)
- W18 = Tráfico (Número de ESAL's)
- Zr = Desviación Estándar Normal
- So = Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
- ΔPSI = Diferencia de Servicialidad (Po-Pt)
- Po = Servicialidad Inicial
- Pt = Servicialidad Final
- S'r = Módulo de Rotura del concreto en (Mpa)
- Cd = Coeficiente de Drenaje
- J = Coeficiente de Transferencia de Carga
- Ec = Módulo de Elasticidad de concreto
- K = Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (Psi/pulg)

Los parámetros que intervienen en el diseño de pavimento rígido según esta metodología se encuentran detallado en el **ANEXO 01**.

Hay que tener en cuenta que para calcular el módulo de reacción efectivo de la subrasante se asume un espesor de sub base, lo que da como resultado un espesor de la losa de concreto. Para intentar disminuir el espesor de la losa se puede aumentar el espesor de la

sub base, con lo que cambiaría el módulo de reacción efectivo, pero todos los demás parámetros se mantendrían constantes.

1.3.1.5.2. Espesor de base

(MTC, 2014), Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, seccion suelos y pavimentos, menciona que la base es la capa inferior de la capa de rodadura conformada con material granular drenante $CBR \geq 80\%$, su función es sostener, distribuir y transmitir las cargas a la sub base, la base puede ser tratada con Cal, asfalto o cemento.

1.3.1.5.3. Espesor de sub base

(MTC, 2014) Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, seccion suelos y pavimentos, hace referencia que la sub base es la capa que soporta la base y capa de rodadura, se usa como capa de drenaje y para controlar los esfuerzos de capilaridad del agua, esta capa debe tener un $CBR \geq 40\%$, dependiendo del tipo de diseño y dimensionamiento esta capa puede obviarse.

1.3.1.5.4. Señalización

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, mediante Resolución Ministerial R.M. N° 16-2016 MTC/14 del 31 de mayo del 2016, aprobó el **Manual de Dispositivos del Control del Tránsito Automotor para calles y carreteras**, de acuerdo con el Manual Interamericano, que reemplaza al Manual de Señalización del año 2000 y a cualquier otro manual en uso.

(MTC, 2016), el Manual es un documento técnico oficial, el cual establece el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito (señales verticales y horizontales o marcas en pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares).

1.3.1.1. Diseño de subdrenaje usando geodrén

En el presente estudio existe un tramo crítico donde es necesario controlar el nivel freático en algunas épocas del año para evitar el deterioro del pavimento, por ello se ha optado utilizar geosintéticos para la función de filtración de fluidos, comúnmente llamado geodrén, este método de subdrenaje se aplicará en la cimbra 11 y 12 de la avenida en estudio por presentar cultivo de caña instalado en el margen derecha de la vía, ello puede ocasionar elevar el nivel freático cuando se le aplique riego, además de tener en cuenta que sucede con el nivel freático si se le aplica riego y llueve inesperadamente en la zona, esta consideración influirá en el cálculo de caudal para el diseño.

(GEOSOFTECH PAVCO, 2012), la utilización de geodrén es una alternativa excelente técnica y económicamente frente a sistemas de drenajes tradicionales, este sistema permite captar y evacuar eficientemente el agua sub superficial, así mismo disminuye la utilización de material pétreos no renovables que inciden en un impacto ambiental negativo.

Para lograr un buen diseño de un sistema de drenaje usando geodrén, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

1.3.1.1.1. Normas técnicas para subdrenes con geodrén

La normatividad respecto al geotextil para subdrenes está estipulada en la sección 511 de las especificaciones técnicas generales para la construcción del Manual de carreteras EG-2013, así mismo en la página 193 del manual de hidrología, hidráulica y drenaje 2011.

La geotextil debe cumplir con la siguiente normatividad:

Densidad del polímero: Norma ASTM D-1505

Espesor: Norma ASTM D-5199

Trasmisividad: Norma ASTM D-4716

1.3.1.1.2. Ubicación del geodrén

Se deberá determinar el lugar o lugares más adecuados en donde se requieran captar los fluidos para el control del nivel freático. Para el presente trabajo de investigación se ha planteado ubicar el geodrén en la cuadra 11 y 12 por estar expuesto a cultivo de caña en la margen derecha.

1.3.1.1.3. Área a subdrenar

Según (GEOSOF T PAVCO, 2012), para el caso de subdrenes longitudinales, el área destinada para el diseño de una línea de geodrén es la semibanca de la vía multiplicada por la longitud del sub drenaje.

Para el presente estudio, el área total a sub drenar estará compuesto por el ancho total de la vía más una franja de área de terreno de cultivo que afectará el pavimento.

1.3.1.1.4. Caudal freático

Según (GEOSOF T PAVCO, 2012), el caudal freático o de diseño para geodrén está dado por la sumatoria del caudal de infiltración de agua de lluvia más el caudal de abatimiento de agua subterránea más el caudal por escorrentía superficial.

Para el presente estudio solo no se considera caudal por escorrentía superficial ya que no existe quebradas de aporte en la zona.

1.3.1.1.5. Tipo de geotextil a usar en el geodrén

(GEOSOF T PAVCO, 2012), el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad que permita el paso del flujo de una manera eficiente a la geored.

Al seleccionar del geotextil, además de lo mencionado en el párrafo anterior, se debe considerar la durabilidad y resistencia a la colmatación.

1.3.1.1.6. Sección del geodrén

Para determinar la sección o permitividad del geodrén (GEOSOFT PAVCO, 2012) menciona que se deberá realizar el cálculo hidráulico utilizando la ley de Darcy, $\Psi = K/t$, donde Ψ : es la permitividad (s^{-1}), K permeabilidad del geocompuesto (m/s) y t es el espesor de una cara del geocompuesto (m).

$$\Psi_{req.} = Q / (\Delta h * H * L)$$

Donde:

Ψ_{req} : es la permitividad requerida del geotextil, k/t

Q : Caudal a evacuar calculado

Δh : Cabeza hidráulica, que es igual a la altura del Geodrén

A : Área conformada por la cara perpendicular a la entrada del caudal

H : altura del geodrén

L : Longitud del tramo de drenaje en consideración

1.3.1.1.7. Diámetro del emisor

(GEOSOFT PAVCO, 2012), para el sistema de captación de líquidos captados por el Geodrén en el presente libro en la página 263 presenta un nomograma para el cálculo del diámetro de la tubería en función de la pendiente y del caudal previamente obtenido. Los nomogramas y tabla se encuentran detallado en **ANEXO 01**, de la misma manera se puede calcular el diámetro de la tubería utilizando la ecuación de manning.

1.3.1.1.8. Caja receptora

Es la caja de disposición final del caudal evacuado a partir del cual se dispone su distribución para posibles usos.

En el presente estudio se ha tenido en cuenta que a 140m del punto final del geodrén existen terrenos agrícolas con una cota muy inferior con respecto a la subrasante del pavimento en el cual se siembra cultivos de pan llevar como maíz, frejol, en sentido se puede utilizar este recurso para regar a través de pequeños canales abiertos.

La metodología de diseño de sistema de subdrenes con geodrén, se encuentra detallado en **ANEXO 01**.

1.4 Formulación del problema

¿Cómo diseñar un pavimento rígido, si existe un tramo crítico con elevado nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres?

1.5 Justificación del estudio

Justificación Técnica: El presente estudio se justifica técnicamente porque se mejorará la infraestructura vial urbana de la avenida Andrés Avelino Cáceres con el uso de un pavimento rígido que ha sido diseñado para un periodo de 20 años y que mejorará la transitabilidad vehicular que actualmente existe, así mismo se contemplan pavimentos especiales como veredas que garantizan la seguridad del tránsito peatonal. También el estudio contempla un sistema de drenaje pluvial través de cunetas ubicados a los laterales del pavimento que épocas de lluvias evitará la acumulación de aguas pluviales. Así mismo se contempla instalación de geodrenes laterales en los laterales del pavimento para controlar el nivel freático que pueda acelerar la vida útil del pavimento.

Justificación Económica: El presente estudio se justifica económicamente por el uso de Pavimento rígido, el cual ha quedado demostrado en diferentes estudios de investigación que tiene un costo

inicial alto con respecto a otros tipos de pavimentos, pero la economía se ve reflejada al final del proyecto ya que el costo de mantenimiento es mínimo con respecto a otros pavimentos. Así también por la idiosincrasia de nuestras autoridades de turno, no existe cultura de mantenimiento de vías, por ese motivo muchos pavimentos asfálticos se deterioran mucho antes de terminar su vida útil para la cual fueron diseñados, por ese motivo estos proyectos son antieconómicos ya que se tienen que realizar nuevos estudios y asignar presupuestos antes de tiempo. Por lo indicado en este caso es ideal el uso de pavimento rígido.

Justificación Social: El presente estudio se justifica socialmente ya que incide en mejorar la calidad de vida de la población en cuanto a salud se refiere, disminuyendo problemas de vías respiratoria por la polvareda que existe con el actual pavimento de tierra, así mismo en épocas de lluvias con el sistema de drenaje que contempla el estudio, se evitará la acumulación de charcos de agua de lluvia, que podría causar la proliferación de insectos que pueden afectar la salud de la población más vulnerable especialmente a niños y ancianos.

Justificación ambiental: El presente estudio se justifica ambientalmente porque reducirá significativamente el material particulado en suspensión que contamina el aire y como consecuencia perjudica la salud de las personas. Así mismo en el diseño de la vía se ha considerado instalación de árboles ornamentales tanto en el separador central como en algunos espacios libres en los laterales de la vía que ayudan a purificar el aire que respiramos y que embellecen la avenida.

1.6 Hipótesis

Si se realiza el diseño de pavimento rígido usando geodrenes, se logra controlar el nivel freático en tramo crítico de la avenida Andrés Avelino Cáceres.

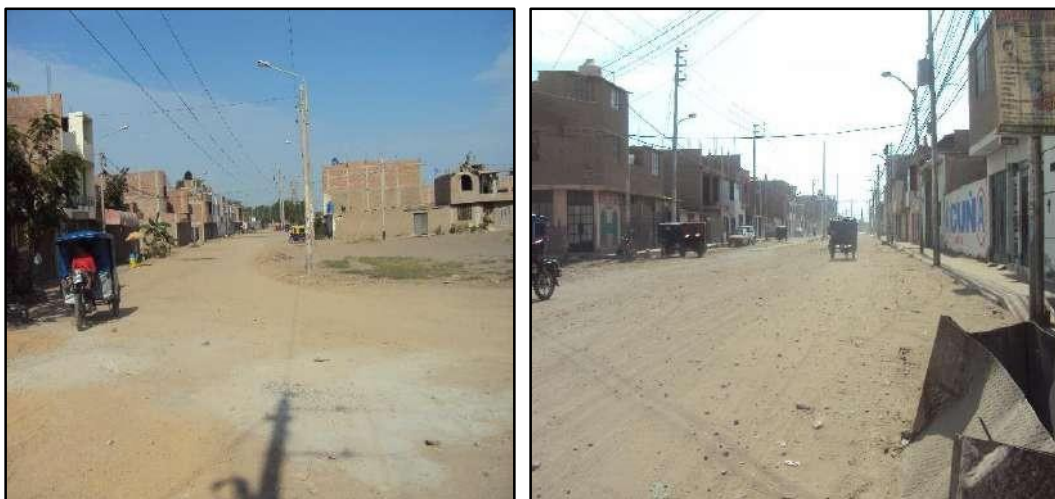


Foto: Se aprecia la avenida Andrés Avelino Cáceres, es adyacente el Museo Tumbas Reales del Señor de Sipán.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Diseñar pavimento rígido, usando geodrenes en tramo crítico, para controlar nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres, Lambayeque.

1.7.2 Objetivos específicos

Realizar los estudios previos de Ingeniería básica.

Desarrollar el estudio hidrológico para determinar la escorrentía superficial.

Definir las características hidráulicas y geométricas del drenaje superficial.

Determinar las características geométricas de la vía.

Plantear un diseño adecuado de la plataforma de rodadura.

Proponer un diseño adecuado de subdrenaje para controlar el nivel freático en tramo crítico de la vía.

Determinar el presupuesto referencial

II. MÉTODO

2.1. Diseño en investigación

El presente estudio es un trabajo de investigación de tipo **cuantitativa - descriptiva**.

Investigación Cuantitativa: son variables que se expresan en valores numéricos (G. ARIAS, 2012) .

Investigación Descriptiva: Se refiere a todo lo que se puede medir, estudiar a través de la caracterización de un individuo o grupo. (G. ARIAS, 2012).

La investigación se basará en la recolección de datos topográficos, suelos, conteo de tránsito, tal como se presentan en la realidad, la información fuente no será modificada, luego se empleará en los diversos procedimientos de análisis en interpretación de la información

2.2 Variables operacionalización

Cuadro N° 1: Cuadro de Operacionalización de Variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES				
Tesis:	Diseño del pavimento rígido, usando geodrenes en tramo crítico, para controlar nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres, Lambayeque.			
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
(VARIABLE INDEPENDIENTE) DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	La infraestructura vial urbano está directamente relacionado con el desarrollo y crecimiento de las ciudades, está constituido por vías expresas, vías arteriales, vías colectoras, vías Locales y pasajes, teniendo por finalidad el transporte vehicular y peatonal con seguridad y confort. (DGIP 2015)	Para el presente estudio, se ha considerado el diseño de pavimento rígido con su respectivo sistema de drenaje, que tiene por finalidad mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular, peatonal y de drenaje de la Avenida Andrés Avelino Cáceres desde la cuadra 1 a la cuadra 12.	ESTUDIOS PREVIOS	NORMAS TÉCNICAS
				ESTUDIO TOPOGRÁFICO
				ESTUDIO DE TRAFICO
				ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
				ESTUDIO DE CANTERAS
			ESTUDIO HIDROLOGICO	ANALISIS DE INFORMACIÓN PLUVIOMETRICA
				INTENSIDAD DE LLUVIA
				AREA DE CUENCA URBANA
			CARACTERISTICAS HIDRAULICAS Y GEOMÉTRICAS DEL DRENAJE SUPERFICIAL	CAUDAL
				PENDIENTE
				VELOCIDAD
				RUGOSIDAD
				TIRANTE
				PERIMETRO MOJADO
				SECCION HIDRÁULICA

			DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA	LONGITUD
				ANCHO
				PENDIENTE
				SECCION DE VÍA
			DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	ESPESOR DE PAVIMENTO
				ESPESOR DE BASE
				ESPESOR DE SUBASE
(VARIABLE DEPENDIENTE) USO DE GEODRENES PARA CONTROL DEL NIVEL FREÁTICO	El geodrén vial es una alternativa al sistema de drenaje tradicional, está conformado por un geocompuesto, una tubería corrugada agujereada para el drenaje y material filtrante seleccionado, el geodrén puede colocarse o instalarse en contacto con una de las paredes de la excavación dependiendo de la dirección del flujo (PULECIO DIAZ, 2015)	Para el presente estudio se ha considerado controlar el nivel freático a través de geodrenes longitudinales de tal manera de controlar el nivel freático del pavimento en el tramo crítico, este caudal drenado se llevará a un canal o zanja de tierra para uso agrícola.	DISEÑO DE SUBDRENAJE USANDO GEODRÉN	UBICACIÓN
				AREA A SUBDRENAR
				CAUDAL FREÁTICO
				TIPO DE GEOTEXTIL
				SECCION GEODREN
				DIAMETRO EMISOR
				CAJA RECEPTORA

Fuente: Elaborado por el investigador

2.3 Población y Muestra

2.3.1. Población

Para (SERRANO ANGULO, 2017), Es un dato primordial para aplicarse en las distintas pruebas de la estadística inferencial, población es un conjunto bien definido de personas u objetos.

En el presente estudio la población estará constituida por el número de viviendas de la avenida Andrés Avelino Cáceres un total **de 130** viviendas.

2.3.2 Muestra

Según (SERRANO ANGULO, 2017), muestra es una parte pequeña representativa de personas u objetos elegida al azar.

Para el presente estudio la muestra es **98** viviendas, aplicando la siguiente fórmula:

(G. ARIAS, 2012), la fórmula para calcular el tamaño de la muestra cuando el objetivo radica en estimar la proporción poblacional.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 (N - 1) + Z^2}$$

Donde:

Z^2	=	4	Nivel de confianza 95%
p, q	=	50	proporciones complementarias
N	=	130	Tamaño de la población
$e^2 = 5*5$	=	25	error muestral 5%
N	=	?	Tamaño de la muestra

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1 Técnicas

(G. ARIAS, 2012), es el procedimiento para obtener datos o información.

Observación

(G. ARIAS, 2012), permite captar mediante la vista cualquier hecho que se produzca en la naturaleza o sociedad en función de un objetivo.

Para el presente estudio se realizó la verificación y observación de campo respectivo, para ello se realizó un recorrido por toda la zona del proyecto, registrando información siguiente.

De lo observado en campo:

La avenida Andrés Avelino Cáceres entre las cuadras 1 y 6 cuenta con un pavimento flexible totalmente deteriorado, se aprecia cortes en el pavimento probablemente por conexiones de agua y desagüe.

Entre la cuadra 7 y la cuadra 12, la superficie de rodadura es tierra suelta con presencia de baches y hendiduras pronunciadas, solo cuenta con sistema de saneamiento básico, por ello cada vez que se presentan precipitaciones pluviales, estas cuadras se llenan de lodo y barro que impide el libre tránsito de los pobladores de la zona.

No existe ningún tipo de drenaje pluvial, por ello es muy probable que se generen charcos de lodos por efecto de lluvias y posible proliferación de zancudos y mosquitos que puedan afectar la salud de la población, asimismo carencia de veredas indispensable para el tránsito y seguridad peatonal.

Se observó en la margen derecha del proyecto, específicamente en el tramo final del proyecto, presencia de cultivo de caña de azúcar, por ello se realizó la exploración de estudio de mecánica de suelos cuando se había regado para verificar el comportamiento del nivel freático en situación crítica.

Encuesta

(G. ARIAS, 2012), es una estrategia que permite recopilar información una muestra de individuos.

Para el presente estudio de Tesis, se aplicó una encuesta de **8** preguntas a un total de 98 personas entre hombres y mujeres que constituyen la muestra de la población.

Análisis documentario

Esta técnica se aplicó para analizar el Manuales de diseños, normas vigentes, libros, tesis, monografías, etc.; así como los diversos aspectos relacionados con el desarrollo del proyecto de tesis.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

(G. ARIAS, 2012), son los materiales que se utilizan para la recopilar y guardar la información como: fichas cuestionarios.

Para el presente proyecto de tesis se han realizado diferentes estudios de campo y cada uno de ellos tiene sus propios instrumentos de recolección de datos, a continuación, se menciona los estudios realizados con sus respectivos instrumentos de recolección de información que se detalla a continuación:

2.4.2.1 Levantamiento topográfico

Para la recopilación de la información se utilizó los siguientes instrumentos.

01 estación total marca Leica TS 09, permite medir las distancias verticales y horizontales, ángulo verticales y horizontales, e internamente, con el microprocesador programado, calculas las coordenadas topográficas (norte [y], este[x], elevación [z]) de los puntos visados. Estos instrumentos poseen gran exactitud.

01 GPS marca Garmin GPS Map 60scx.

02 prismas con sus respectivos jalones

01 wincha stanley de 50m.

01 wincha metálica de 5m

Esmalte color rojo

Brocha.

Libreta de campo.

Palanas

Machete.

Así mismo se utilizó el catastro digital proporcionado por la Municipalidad provincial de Lambayeque.

2.4.2.2 Estudio del tráfico

Para la recolección de datos se utilizó lo siguiente:

Formatos de llenado de datos discriminando el tipo de vehículo.

Cronómetro.

2.4.2.3 Estudio mecánica de suelos (EMS)

Para la recolección de muestras de suelo, se realizaron 03 pozos de exploración a una profundidad de 1.50 m a partir de la sub rasante, los resultados fueron obtenidos en un Laboratorio Especializado.

Para el presente estudio esperó el momento que se aplique agua de riego al cultivo de caña que se encuentra en la margen derecha de la avenida, de tal manera que los datos se tomaron en situaciones críticas.

Para la recolección de datos se utilizó lo siguiente:

01 wincha metálica de 5 m

01 GPS marca Garmin GPS Map 60scx.

03 Barretas de 1.50 m

03 palanas

03 picos con mango de madera

Bolsas etiquetadas para extracción de muestras

Carteles para identificar el número de calicata

Conos de seguridad para evitar accidentes en las calicatas.

Cámara fotográfica.

2.4.3 Validación y confiabilidad del instrumento

(G. ARIAS, 2012), se refiere a comprobar si el instrumento mide lo que se proyecta medir, puede ser realizado por juicio de expertos.

En el presente estudio de tesis los instrumentos de recolección de dato serán validados por un ingeniero civil especialista en infraestructura vial, así mismo por un estadista.

2.5 Método de análisis de datos

(G. ARIAS, 2012), el análisis de datos con un enfoque cuantitativo, cuando se requiere obtener información a partir de un cuestionario se deben elaborar tablas de distribución de frecuencias o porcentajes para generar gráficos a partir de esas tablas.

Para el análisis de la información recopilada de encuestas aplicada a la muestra del presente estudio, se desarrolló en programa Excel y se comprobó a través del programa estadístico SPSS, el cual es muy usado en investigaciones con una gran confiabilidad.

Para el presente estudio, con la información recopilada se analizó frecuencias, con sus respectivos gráficos, asimismo se aplicó la correlación de Pearson para determinar el grado de relación de las variables.

2.5.1 Análisis de la Frecuencia

Es la cantidad de veces que se repite el valor de una variable, las frecuencias estadísticas pueden ser absolutas o relativas. (<https://www.significados.com/frecuencia>, 2014).

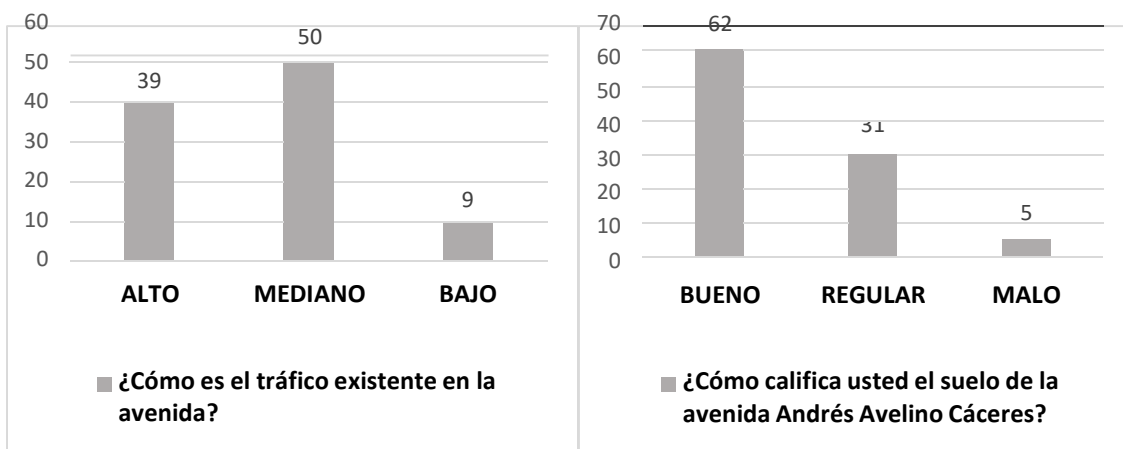
Cuadro N° 2: Análisis de Frecuencias

N°	ENCUESTA APLICADA A MUESTRA	BUENO/ALTO		REGULAR/MEDIANA		MALO/BAJO		TOTAL	
		F	%	F	%	F	%	F	%
1	¿Cómo es el tráfico existente en la avenida?	39	39.80%	50	51.02%	9	9.18%	98	100%
2	¿Cómo califica usted el suelo de la avenida Andrés Avelino Cáceres?	62	63.27%	31	31.63%	5	5.10%	98	100%
3	¿Qué tan intensas son las lluvias en la zona?	57	58.16%	37	37.76%	4	4.08%	98	100%
4	¿Cómo califica usted el escurrimiento del agua de lluvia?	2	2.04%	38	38.78%	58	59.18%	98	100%
5	¿Cómo califica el ancho actual de la avenida?	51	52.04%	18	18.37%	29	29.59%	98	100%
6	¿Qué le parece el diseñar un pavimento con drenaje en la avenida?	73	74.49%	25	25.51%	0	0.00%	98	100%
7	¿Qué tanto la humedad del cultivo que se aprecia afecta el pavimento?	66	67.35%	26	26.53%	6	6.12%	98	100%
8	¿Cuál sería su apreciación si se instalara una tubería de drenaje?	60	61.22%	34	34.69%	4	4.08%	98	100%

Fuente: Elaborado por el investigador

En el Cuadro N° 02 se presenta las frecuencias por cada respuesta de la encuesta aplicada a la muestra, como se aprecia la frecuencia más alta es la aplicada a la pregunta 6 con un 74.49% donde el encuestado menciona que es BUENO/ALTO que se diseñe un pavimento con drenaje en la avenida en estudio, de la misma manera la frecuencia más baja con 0% es esta misma pregunta, esto quiere decir que no hay encuestado que mencione que el diseño del pavimento sea MALO.

Gráfico N°01 y 02: Análisis de frecuencia aplicado a la pregunta N° 01 y 02

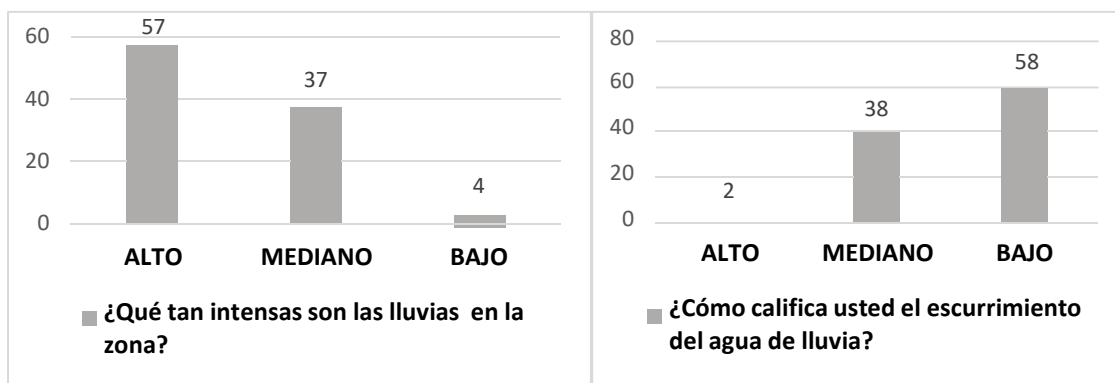


Fuente: Elaborado por el investigador

Del Gráfico N° 01 que se muestra, se puede apreciar que predomina significativamente un mediano y alto tráfico en la avenida en estudio.

Con respecto al gráfico N°02, se puede apreciar que el **63.27%** de encuestados opina que el suelo de la avenida es bueno respecto al **5.10%** que opina que es malo.

Gráfico N° 03 y 04: Análisis de frecuencia aplicado a la pregunta N° 03 y 04

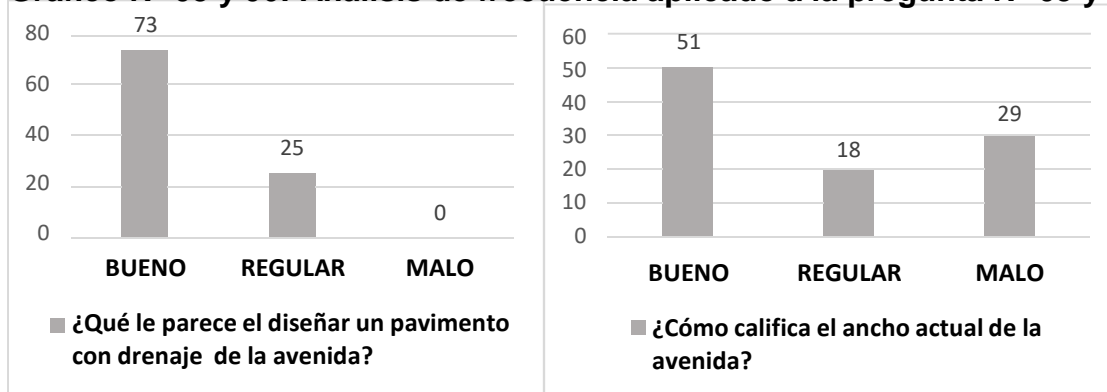


Fuente: Elaborado por el investigador

Del gráfico N°03 que se muestra, se puede apreciar que el 58.16% opina que las lluvias en la zona son intensas.

Con respecto al gráfico N°04, el **59.18%** de encuestados opina que el escurrimiento del agua de lluvia es bajo motivo por el cual se producen encharcamientos.

Gráfico N° 05 y 06: Análisis de frecuencia aplicado a la pregunta N° 05 y 06

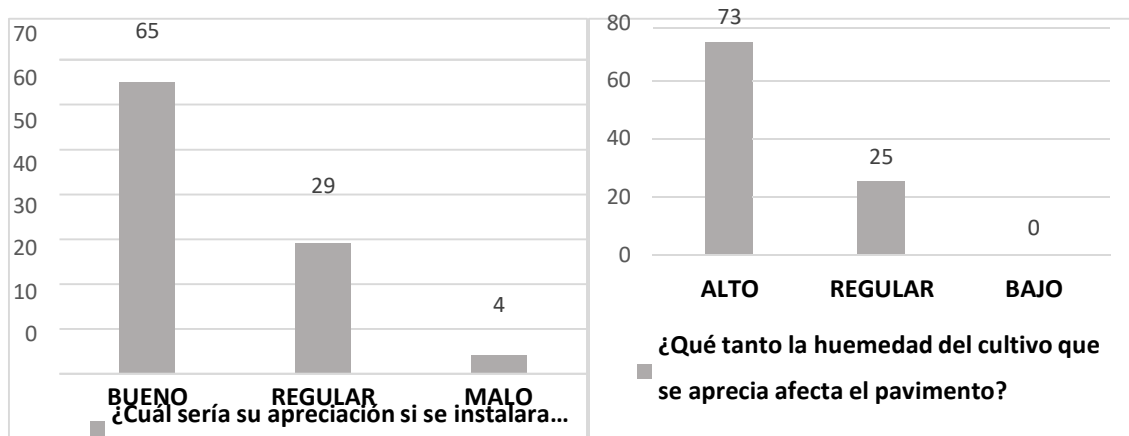


Fuente: Elaborado por el investigador

Del gráfico N°05 menciona que el 52.04% opina que el ancho actual de la avenida es bueno, mientras que 29.59% menciona que es malo.

Con respecto al gráfico N°06, el **74.49%** de encuestados opina que le parece BUENO, que se diseñe un pavimento con drenaje, no existen opiniones donde que no esté de acuerdo con esta pregunta.

Gráfico N° 07 y 08: Análisis de frecuencia aplicado a la pregunta N° 07 y 08



Fuente: Elaborado por el investigador

Del gráfico N°07, se aprecia que el 67.35% opina que el cultivo que se encuentra al lado de la vía puede afectar al pavimento.

Del gráfico N°08, el **63.33%** de encuestados opina que le parece BUENO, que se instalen tuberías de drenaje para evacuar las lluvias.

2.5.2 Análisis del coeficiente de Correlación de Pearson

(FERNÁNDEZ COLLADO, y otros, 2014), el Coeficiente de relación de Pearson(r) es una prueba estadística para analizar el grado de relación entre dos variables.

Para el presente estudio con ayuda de hojas Excel se calcularon los coeficientes de correlación Pearson respecto al diseño del pavimento con drenaje (Cuadro N°02), estos resultados han sido corroborados con software estadístico SPSS.

Cuadro N° 3: Coeficiente de Correlación de Pearson

	CÁLCULO DE PEARSON						
	¿Cómo es el tráfico existente en la avenida?	¿Cómo califica usted el suelo de la avenida Andrés Avelino Cáceres?	¿Qué tan intensas son las lluvias en la zona?	¿Cómo califica usted el escurrimiento del agua de lluvia?	¿Cómo califica el ancho actual de la avenida?	¿Qué tanto el área del cultivo que se aprecia afecta el pavimento?	¿Cuál sería su apreciación si se instalara una tubería de drenaje?
¿Qué le parece diseñar un pavimento con drenaje en la avenida?	0.061	0.022	0.143	0.031	0.016	0.012	0.065

$[-1 - 0.9] \Rightarrow$ Influencia negativa grande

$[-0.9 - 0.] \Rightarrow$ Influencia negativa moderada

0 \Rightarrow ninguna influencia

$[0 - 0.9] \Rightarrow$ Influencia positiva moderada

$[0.9 - 1] \Rightarrow$ Influencia positiva grande

Del Cuadro N° 03, se puede deducir que existe una relación positiva moderada entre la variable dependiente y la variable independiente del estudio.

2.5.3 Prueba t de Student

(FERNÁNDEZ COLLADO, y otros, 2014), Es una Prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren significativamente entre si respecto a sus medias, conocida como la distribución t de Student.

Para el presente estudio se realizó dos pruebas t para el caso de variables relacionadas, se analizó la variable independiente VI (pregunta 6), frente a la variable dependiente VD (pregunta 7 y 8), que son las que más se ajustan a las variables del presente estudio.

Para el desarrollo se ha utilizado el software estadístico SPSS, y por seguridad se ha comprobado los resultados con hojas de excel.

Se ha utilizado la información siguiente:

H1 = Hipótesis del investigador

Ho = Hipótesis de rechazo a la hipótesis del investigador

α = 5% de significación

tc = -1.96 obtenido de tabla distribución normal para $\alpha / 2 = 0.025$; (1-0.025=0.975)

tp = t de prueba para muestras grandes se calcula con la ecuación siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{X} - \mu}{\left(\frac{s}{\sqrt{n}}\right)}, \quad \bar{X}: \text{promedio de la muestra} \quad \mu: \text{promedio teórico}$$

s: desviación estándar, n: número de muestra.

Análisis de la pregunta 6 (VI) y pregunta 07(VD)

Para el cálculo del tp previamente se tiene que calcular valores estadísticos.

En el cuadro N° 03, se muestran las medias o promedios de la pregunta 6 y 7 que representan la VI y VD respectivamente en una muestra de 98, cuya desviación estándar respecto a la media es 0.438 y 0.603 respectivamente.

Cuadro N° 4: Estadística para muestras relacionadas P6 (VI) - P7 (VD)

		Media	N	Desv. Estándar
P6 (VI)	¿Qué le parece diseñar un pavimento con drenaje en la avenida?	1.26	98	0.438
P7(VD)	¿Qué tanto la humedad del cultivo que se aprecia afectara el pavimento?	1.39	98	0.603

Fuente: Elaborado por el investigador

Si analizamos la correlación o influencia que existe entre estas dos variables se tiene en el cuadro N°04, que existe una influencia **positiva moderada**.

Cuadro N° 5: Correlación de muestras relacionadas P6 (VI) - P7 (VD)

	N	Correlación	Sig.
¿Qué le parece diseñar un pavimento con drenaje en la avenida? & ¿Qué tanto la humedad del cultivo que se aprecia afectará el pavimento?	98	0.012	0.907

Fuente: Elaborado por el investigador

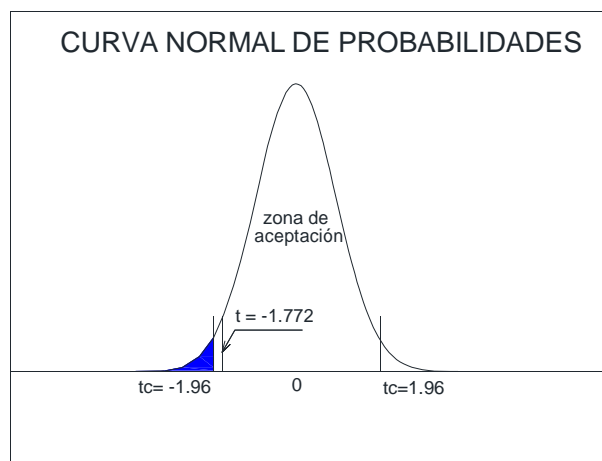
El “**tp**” es **-1.772** (Cuadro N° 05), si comparamos este valor frente al **t crítico= -1.96** obtenido de la tabla de distribución normal (dos colas), podemos ver que el **tp** se encuentra en la región de aceptación, de la misma manera el P valor en $0.08 > 0.05$ **POR TANTO LA HIPÓTESIS DEL INVESTIGADOR SE ACEPTA.**

Cuadro N° 6: Prueba de muestras relacionadas P6 (VI) - P7 (VD)

¿Qué le parece diseñar un pavimento con drenaje en la avenida? - ¿Qué tanto la humedad del cultivo que se aprecia afectará el pavimento?	t	gl	Sig. (bilateral)
	-1.772	97	0.080

Fuente: Elaborado por el investigador

Gráfico N° 09: Curva Norma de probabilidades de P6 (VI) - P7 (VD)



Fuente: Elaborado por el investigador

Análisis de la pregunta 6 (VI) y pregunta 08(VD)

Para el cálculo del **tp** previamente se tiene que calcular valores estadísticos.

En el cuadro N° 07, se muestran las medias o promedios de la pregunta 6 y 8 que representan la VI y VD respectivamente en una muestra de 98, cuya desviación estándar respecto a la media es 0.438 y 0.566 respectivamente.

Cuadro N° 7: Estadística para muestras relacionadas P6 (VI) – P8 (VD)

		Media	N	Desviación Estándar
P6 (VI)	¿Qué le parece diseñar un pavimento con drenaje en la avenida?	1.26	98	0.438
P7(VD)	¿Cuál sería su apreciación si se instalara una tubería de drenaje?	1.38	98	0.566

Fuente: Elaborado por el investigador

Si analizamos la correlación que se presenta en el **Cuadro N°08**, se puede apreciar que influencia positiva moderada entre estas dos variables.

Cuadro N° 8: Correlación de muestras relacionadas P6 (VI) – P8 (VD)

	N	Correlación	Sig.
¿Qué le parece diseñar un pavimento con drenaje en la avenida? & ¿Cuál sería su apreciación si se instalara una tubería de drenaje?	98	0.065	0.525

Fuente: Elaborado por el investigador

El “**tp**” es **-1.750** (Cuadro N° 09), si comparamos este valor frente al **t crítico= -1.96** obtenido de la tabla de distribución normal (dos colas), podemos ver que el **tp** se encuentra en la región de aceptación, de la

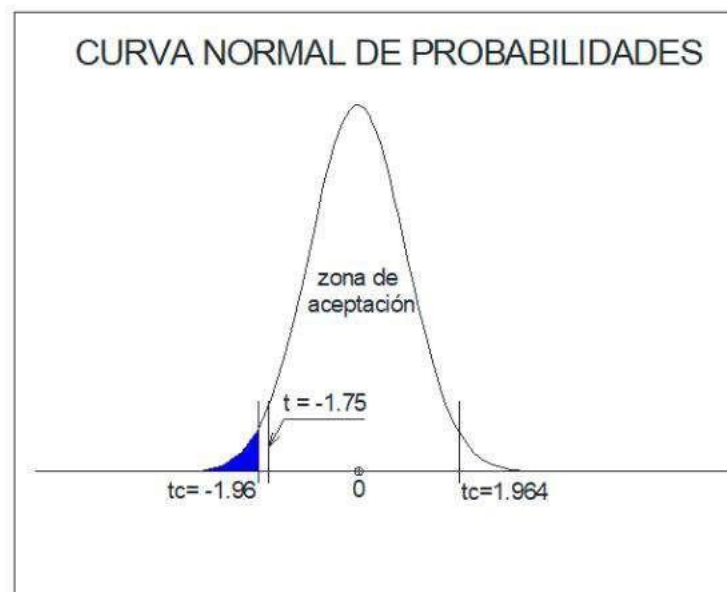
misma manera el valor de P en $0.083 > 0.05$ **POR TANTO LA HIPÓTESIS DEL INVESTIGADOR SE ACEPTA.**

Cuadro N° 9: Prueba de muestras relacionadas P6 (VI) – P8 (VD)

	tp	gl	Sig. (bilateral)
¿Qué le parece diseñar un pavimento con drenaje en la avenida? - ¿Cuál sería su apreciación si se instalara una tubería de drenaje?	-1.750	97	0.083

Fuente: Elaborado por el investigador

Gráfico N°10: Curva Norma de probabilidades de P6 (VI) – P8 (VD)



Fuente: Elaborado por el investigador

2.6 Aspectos Éticos

(ENCICLOPEDIAS DE CONCEPTOS, 2018), la ética es una ciencia que estudia el comportamiento de los valores analizados dentro de una sociedad.

En el presente estudio ha sido desarrollado íntegramente por el tesista, teniendo en cuenta la veracidad de resultados, el respeto por la propiedad intelectual,

asumiendo toda responsabilidad de los datos, hechos y fundamentos en ella, así mismo de la veracidad y confiabilidad de los resultados.

III. RESULTADOS

Resultado de Análisis de Datos

Existe una influencia positiva moderada de la variable independiente con respecto a la variable dependiente (Cuadro N°02).

Al aplicar la prueba de Student a la pregunta N°06 (VD) y la pregunta N°07 (VI), el t de prueba “ t_p ” es -1.772 (Cuadro N°05), si comparamos este valor frente al t crítico= -1.96 obtenido de la tabla de distribución normal (dos colas), podemos ver que el t_p se encuentra en la región de aceptación, de la misma manera el P valor en 0.08 > al 0.05 por tanto la hipótesis H_1 del investigador SE ACEPTA.

Al aplicar la prueba de Student a la pregunta N°06 (VD) y la pregunta N°08 (VI), el t de prueba “ t_p ” es -1.750 (Cuadro N°08), si comparamos este valor frente al t crítico= -1.96 obtenido de la tabla de distribución normal (dos colas), podemos ver que el t_p se encuentra en la región de aceptación, de la misma manera el P valor en 0.083 > al 0.05 por tanto la hipótesis H_1 del investigador SE ACEPTA.

3.1 Estudio topográfico

Para el presente estudio se tomaron **845** puntos de los cuales 785 se levantaron con estación total y 60 con nivel topográfico, se partió de un **BM** proporcionado por la Municipalidad provincial de Lambayeque, ya que existen pavimentos cercanos ejecutados por esta entidad, a este punto le hemos denominado **E-1**, de la misma manera se ha dejado puntos de apoyo a lo largo de la vía para su utilización en la fase de ejecución (E-2, E-3 y E-4).

Tabla 3: Puntos de control utilizados

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
E-1	9258943.39	621419.401	16.42	BM
E-2	9258903.33	621634.75	16.41	BM2 apoyo
E-3	9258841.47	621851.892	16.63	BM3 apoyo
E-4	9258768.13	622252.04	17.70	BM4 apoyo

Se obtuvo el perfil longitudinal de la avenida, analizando las cotas de pisos de casa lo cual nos permitió promediar la rasante de esa manera evitar que queden casas muy bajas o excesivamente altas respecto al pavimento, la rasante de diseño es 0.12 %.

Como se aprecia en el plano topográfico la zona presenta una topografía plana con pendientes inferiores al 1%, para la presentación en planos se utilizó equidistancias de 0.50 m para curva de nivel principales y 0.10 m para curvas secundarias.

3.2 Estudio tráfico

Del estudio de tráfico se determinó un índice medio diario semanal IMDs de 582 vehículos por día y el índice medio diario anual (IMDa) de **591** vehículos por día.

El mayor volumen de tráfico se presenta el día domingo con **759** vehículos/día que representan el **18.62%** del volumen vehicular total y el menor volumen de tráfico se presentan el día martes con **483** vehículos/día que representan el **11.85 %** del volumen vehicular total.

La clasificación vehicular es de vehículos **ligeros 82.91%** y vehículos pesados **17.09%**.

El flujo vehicular IMDa de la avenida Andrés Avelino Cáceres al año 20, utilizando una tasa de crecimiento de 3% (INEI-20017) para vehículos pesados, es de **211** vehículos por día, con este valor proyectado se diseñó el pavimento. Se ha tomado solo vehículos pesados ya que este tipo de vehículos genera efectos destructivos al pavimento; este valor ha sido

afectado por ajuste en base al peso de los vehículos livianos con la finalidad que este porcentaje este representado en el diseño.

El número de ejes equivalente (Esal's diseño) calculado es de **2.88x10⁶**, según la clasificación se trata de un tráfico alto, ver **Cuadro N°3.12 en Anexo N° 02.**

3.3. Estudio de mecánica de suelos

La exploración se ha efectuado con apertura de 03 calicatas a cielo abierto hasta la profundidad de 1.50 m, solo se detectó nivel freático alto en la calicata C-3, ubicada en la progresiva 1 +080 a la profundidad de 1.00m por presencia cultivo de caña recientemente regado.

Los suelos que predomina el terreno natural se encuentran se trata de un **CL, arcilla de baja plasticidad con arena**, identificados en el sistema AASTHO como A-6(05), A-7-6(13), A-6(10), ver **Cuadro N°3.14** que también se presenta en Anexo 02.

CUADRO N° 3.14

DE RESUMEN DE DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

PROGRESIVA (Km)	CALICATA	ESTRATO	PROFUND. (m)	CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO	HUMEDAD NATURAL %	LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLÁSTICO (%)	INDICE PLÁSTICO (%)	CBR AL 100% (%)	CBR AL 95% (%)	DENSIDAD MÁXIMA gr/cm³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	SALES SOLUBLES %	INDICE DE CONSISTENCIA
0 + 110	C-1	E1	0.00 - 0.10	SP-SC	A-1-b (0)	1.04	20.2	14.8	5.4	88.5	58.3	2.227	5.9		3.55
0 + 110	C-1	E2	0.60 - 1.30	SM	A-4 (1)	8.2	NP	NP	NP	28.3	20.2	1.919	11.5		N/A
0 + 110	C-1	E3	1.30 - 1.60	CL	A-6 (5)	31.2	37.94	19.67	18.3	12.11	9.75	1.892	9.4	0.25	0.37
0 + 481.35	C-2	E1	0.00 - 0.10	GP	A-2-6 (0)	1.01	20.8	9.9	10.9	88.8	60	2.186	4.8		1.82
0 + 481.35	C-2	E2	0.10 - 0.90	CL	A-6 (13)	20.94	40.2	19.4	20.8	14.2	10.2	1.958	10.4		0.93
0 + 481.35	C-2	E3	0.90 - 1.60	CL	A-7-6 (13)	21.63	41.22	18.52	22.7	13.8	9.65	1.92	9	0.702	0.86
1 + 080	C3	E1	0.00 - 0.10	GP-GC	A-2-4 (0)	1.04	22.9	12.4	10.6	89.2	57.5	2.174	7.4		2.06
1 + 080	C3	E2	0.10 - 1.00	CL	A-6 (10)	22.66	39.16	18.64	20.5	12.11	9.70	1.88	9.20	0.25	0.80

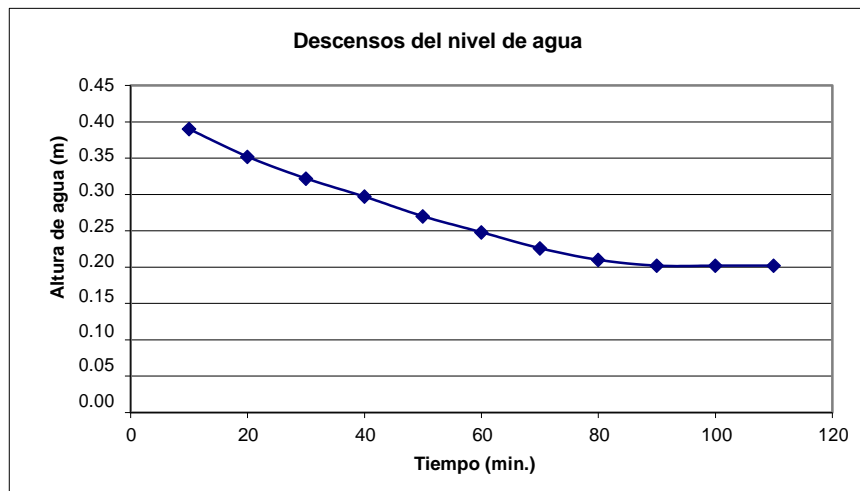
Fuente: Elaborado por el investigador

Se aprecia en las calicatas exploradas que conforme se profundizó el estudio CBR fue disminuyendo, por ello utilizando el método percentil se obtuvo el promedio del Cbr más crítico **9.668%**, se trata de un **suelo regular**.

El ensayo de permeabilidad se realizó in situ, utilizando el método de Lefranc para nivel variable, obteniendo un valor de $K = 4.5842 \times 10^{-5}$ cm/s.

Por tanto, el suelo es de baja permeabilidad y se compone de una mezcla de arena limo y arcilla.

Gráfico N° 3.03: Descenso de la columna de agua



Fuente: Elaborado por el investigador

El gráfico N° 3.03 que se también se presenta en Anexo 02, se observa el lento descenso de nivel de agua en el suelo del tramo 0+980 a 1+192.38km, por ello se trata de un suelo de baja permeabilidad.

3.4 Estudio de cantera

La cantera seleccionada para el presente estudio es la **CANTERA TRES TOMAS** ubicada en el distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe, para material afirmado para la base del pavimento y agregado grueso para la fabricación del concreto, para el análisis de agregado fino se realizó estudio a la cantera **LA VICTORIA** ubicada en el distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo.

En lo concerniente a la calidad de los materiales que se emplean en la estructura del pavimento, los resultados son los siguientes:

a) Material

El material de la cantera tres tomas se clasifica según sistema **AASTHO**, como **A-1-a (0)** gravas limosas, mezclas de gravas, arena y limo de baja plasticidad.

Según sistema **SUCS: GW-GM**; gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo.

b) Potencia >800,000 m³ aproximadamente.

c) Rendimiento: 90%

d) Uso: Esta cantera será utilizada en la conformación de la base.

e) Humedad: 6.59%

f) Granulometría: Uniforme, cumple la gradación B.

g) Limite Líquido: 21.00

h) Límite Plástico: 20.00

i) Índice Plástico: 1.00

j) Resistencia a la abrasión: 17.04%

k) CBR al 100% de MDS: 86.30%

l) Máxima densidad seca: 2.22 gr/cm³

m) Óptimo contenido de humedad: 7.25%.

n) Período de Uso: Todo el año

De acuerdo a la información de campo y laboratorio realizados, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

a) El material de la cantera tres tomas se clasifica según sistema **AASTHO**, como **A-1-a (0)** gravas limosas, mezclas de gravas, arena y limo de baja plasticidad.

b) Según sistema **SUCS: GW-GM**; Gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo.

c) El material granular de la cantera Tres Tomas cumple los requisitos necesarios para su uso en el presente proyecto, $IP \leq 4$, $CBR \geq 80\%$, resistencia a la abrasión $< 50\%$, cumple la gradación granulométrica solicitada B.

3.5. Estudio hidrológico

La precipitación máxima de 24 horas de acuerdo a la información de Senamhi de la estación meteorológica Lambayeque de 10 años como mínimo es de **71.30** mm en el mes de febrero 1998. Ver **Cuadro N°3.17** que se presenta en Anexos 02.

De acuerdo a los resultados de las pruebas de ajustes de bondad, la información pluviométrica de la estación Lambayeque se ajusta mejor a la **Distribución de Log de Gumbel** por tener menor valor de **teórico = 0.0989**, ver **cuadron°3.21** que se presenta en Anexo 02, para realizar esta pruebas de ajuste utilizamos el software Hidroesta2.

La Intensidad máxima para un periodo de retorno de 10 años, es de **84.91** mm/h, ver **Cuadro N° 3.24** que se presenta en Anexo 02.

El área de diseño para cunetas en ambas márgenes de la progresiva 0+00 a 0+500 es de 0.0061km².

El área de diseño para las cunetas en ambas márgenes de la progresiva 0+500 a 1+198.38 es de 0.0037km².

3.6 Diseño de drenaje pluvial

Para el diseño del caudal para drenaje superficial se ha utilizado el método racional por tener una cuenca < 13 km².

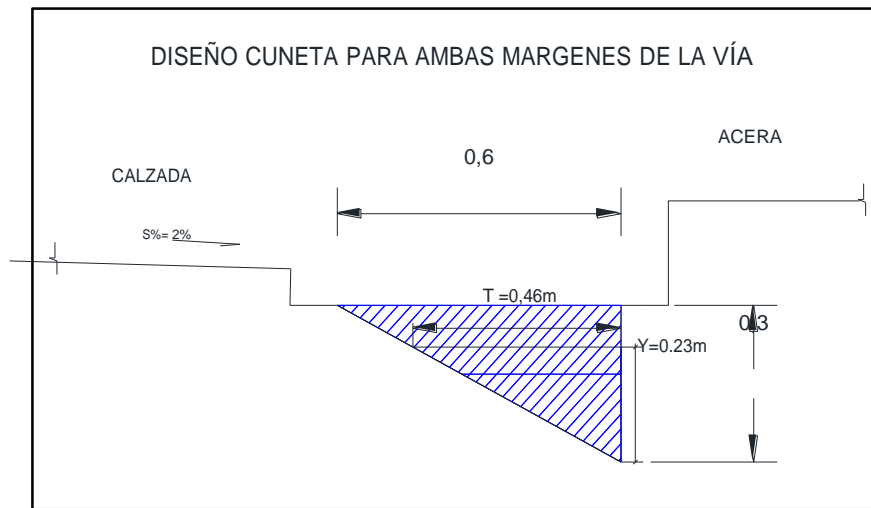
Para un periodo de retorno de 10 años y un $C=0.83$, se ha determinado un caudal de diseño para el tramo 0+00 a 0+500 de **0.119m³/s**, para el tramo 0+500 a 1+192.38 se ha determinado un caudal de diseño de **0.072m³/s**.

Para el primer tramo tanto en la MI y MD, se ha diseñado una cuneta tipo triangular con las siguientes características $Y=0.23\text{m}$, $h=0.30\text{m}$, $Z=2.0$, $T=0.46$, ancho interno= 0.60m ver Figuran N° 3.07 que también se presenta en Anexo 02, este diseño fue desarrollado con apoyo del software Hcanales 3.1.

Para el segundo tramo tanto en la MI y MD, se ha diseñado una cuneta tipo triangular con las siguientes características $Y=0.193\text{m}$, $h=0.30\text{m}$, $Z=2.0$, $T=0.385$, ancho interno= 0.60m ver Figura N°3.09 que también se presenta

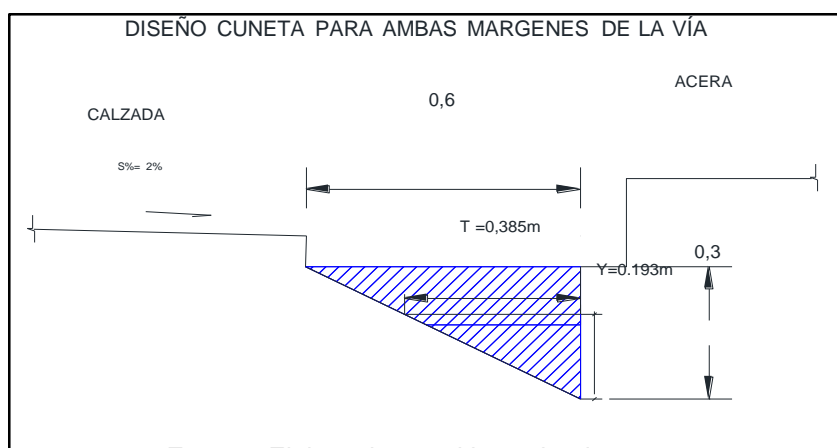
en Anexos 02, este diseño fue desarrollado con apoyo del software Hcanales 3.1.

Figura N° 3.07: Sección final de Cuneta para MD y MI el tramo I, comprendido progresiva 0+00 a 0+500



Fuente: Elaborado por el investigador

Figura N° 3.09: Sección final de Cuneta para el tramo comprendido entre la progresiva 0+500 - 1+192.38



Fuente: Elaborado por el investigador

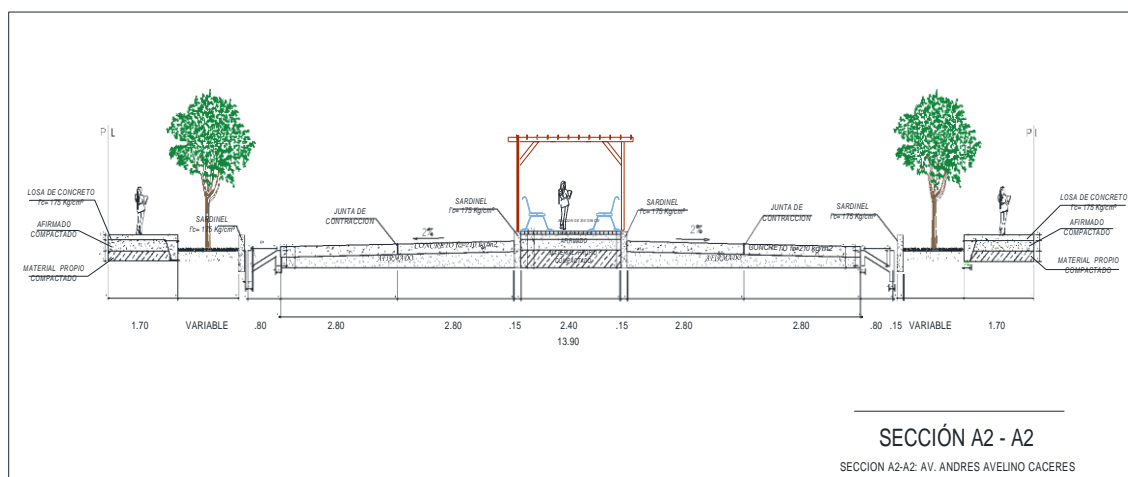
3.7 Diseño geométrico

Según IMDa del presente estudio **es 211** vehículos por día, **por tanto, la clasificación es una vía local.**

Según la **Tabla N° 33** en Anexo 01, el ancho de carril recomendado es de 3.00m y el ancho mínimo es de 2.75m.

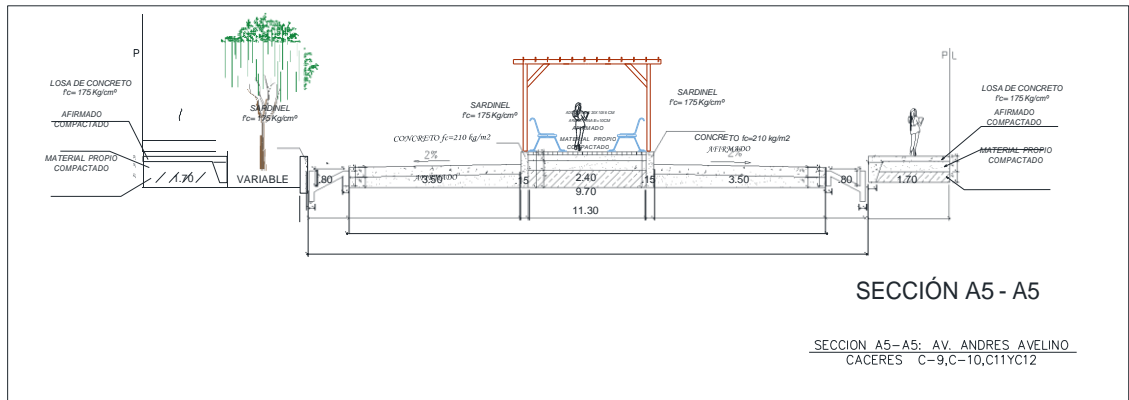
De la progresiva de 0+00 a 0+488.43 se ha diseñado una calzada de 2 carriles de 2.80m en ambos sentidos divididos por un separador central de 2.40m **ver Figura N°3.10** que también se presenta en Anexo 02, el segundo tramo es decir de la progresiva 0+488.43 a 1+192.38km se ha diseñado una calzada con 1 carril de 3.50m en cada sentido **ver Figura N°3.11** que también se presenta en Anexo 02.

Figura N°3.10: Sección transversal de vía de la progresiva 0+00 a 0+488.43km



Fuente: Elaborado por el investigador

Figura N°3.11: Sección transversal de vía de la progresiva 0+488.43km a 1+192.38km

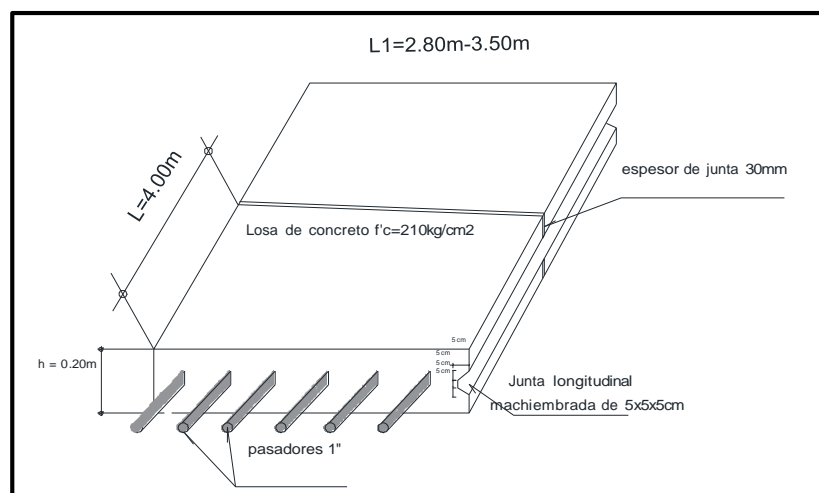


Fuente: Elaborado por el investigador

3.8 Diseño de pavimento

Se ha diseñado un pavimento rígido utilizando el método Aastho 93, en el cual determinado un espesor de losa de 0.20m y un espesor de sub base de 0.20m, con juntas longitudinales de 4m en ambos tramos y juntas transversales de 2.80m y 3.50m respectivamente, se usará barras pasadores o dowels de 1" de diámetro, de 0.65m de longitud separadas 30cm, este sistema tendrá un lado empotrado y un lado móvil. La junta longitudinal será machihembrado de sección trapezoidal de 5cm por lado **ver figura 3.18** que también se presenta en Anexo 02.

Figura N°3.18: Detalle de pavimento rígido con juntas



Fuente: Elaborado por el investigador

Así mismo se ha diseñado veredas de 1.70 m de ancho, 0.10 m de espesor, bombeo de 1.5%, bruñado cada 1.00 m y juntas cada 5 m.

Para el separador central se seleccionó el pavimento de adoquín **tipo I** para soportar esfuerzos de tipo peatonal con resistencia a la compresión de 31Mpa de dimensiones 20 x 10 x 6 cm, base granular de 20cm y cama de arena de 4cm. Ver resumen que se presenta en **Cuadro N°3.26**, Anexo 02.

3.9 Señalización

Para el presente estudio se ha utilizado la señalización apropiada para este tipo de vías urbanas lo siguiente:

Señalización vertical: (R-I) Señal de Pare, (R-14B) Señal de Tránsito en ambos sentidos, Señal curva pronunciada a la derecha (P-1A), Señal curva pronunciada a la izquierda (P-1B), Señal de reducción de calzada en ambos lados (P-17A), Señal de reducción de calzada en ambos lados (P-21A), Señal proximidad reductor de velocidad tipo resalto (P-33A), Señal hospital (I-14).

Marcas en el pavimento o demarcaciones:

Las marcas usadas en el siguiente estudio de tesis es la siguiente:

Línea de borde de calzada o superficie de rodadura, Línea de Central, Demarcación de línea de pare, flechas rectas y de giro.

3.10 Diseño de sub drenaje

Se ha diseñado un sistema de sub drenaje usando geodrén el cual consta de un geotextil, geored y tubería perforada, para ello se obtuvo lo siguiente:

Según el diseño de la avenida se optado por colocar lo geodrenes a una distancia entre ejes de 11.44m.

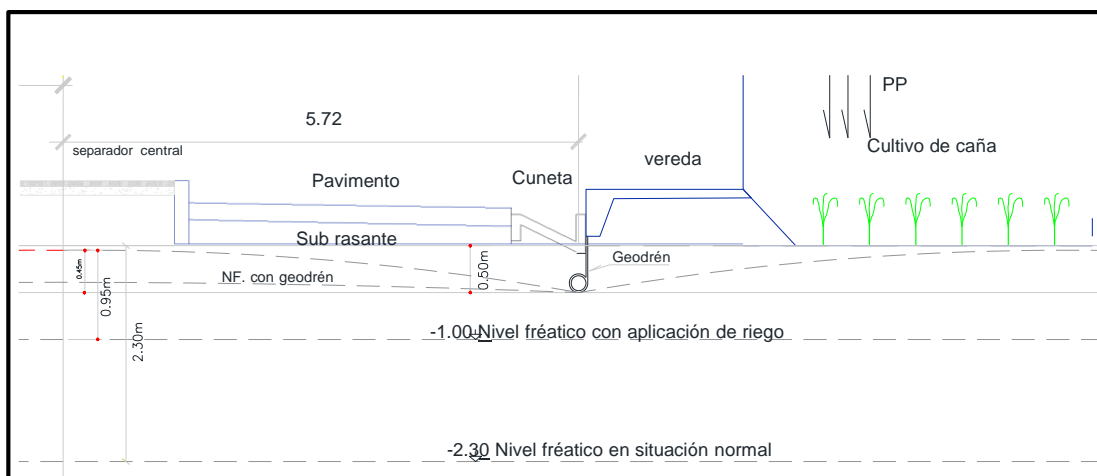
Se instalará el geodrén a 0.90m de profundidad con respecto a la rasante y 0.50m con respecto a la sub rasante, teniendo en cuenta la velocidad mínima que existe para poder evacuar el fluido sin que genere sedimentación, **ver Figura 3.34**.

El nivel freático un día después de la aplicación de riego es -1.00m y el nivel freático en condiciones normales sin riego es de 2.30m, **ver Figura 3.34.**

La precipitación máxima horaria es de **84.91 mm/h** y la lámina de riego para la caña de azúcar según guía técnica Manejo Integrado del cultivo de caña de azúcar-Perú 2013, pág.11 es de **116.67 mm/h.**

De acuerdo a la primera lectura del nivel freático, se tiene que para 116.67 mm/h de aplicación de riego el nivel freático ascendió 1.30m, bajo este mismo criterio para una aplicación de 84.91mm/h, el nivel freático ascenderá aproximadamente 0.95m, es decir a 5cm para llegar a la sub rasante **ver figura N°3.34** que también se presenta en Anexo 02.

Figura N°3.34
Sección transversal de ubicación de geodrén



Fuente: Elaborado por el investigador

El área está conformada por un ancho de vía de 11.44m y 5.72m de franja de terreno de cultivo, la longitud total a sub drenar es 212.38m, en total existe un área de 2,504m² de pavimento de concreto y 1,214.81m² de área de cultivo.

Así mismo existe una longitud de 140m desde el punto final del subdrenaje hasta la caja receptora de caudal, este tramo se colocará una tubería de pvc del mismo diámetro de la tubería de drenaje.

En el área de cultivo se precipitará un caudal de $0.02865 \text{ m}^3/\text{s}$, sin embargo, por la baja permeabilidad del suelo solo se infiltrará $5.56 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, esto significa que se producirá encharcamiento, por tanto, un aporte de caudal constante a la tubería de sub drenaje.

El caudal de diseño para el sub drenaje para el área de influencia es de $5.36 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, el diámetro de la tubería para evacuación es de 200mm.

De acuerdo al diseño, el **Geodrén vial es adecuado** para el sistema de sub drenaje en el tramo de la vía en consideración

El geotextil **No Tejido es apto** como medio "filtrante" en el sistema, teniendo en consideración los valores obtenidos y comparando las especificaciones de los geotextiles, se utilizará un **NT3000**, que para un diámetro de tubería de 200mm recomienda un espesor de 2mm, por ser la opción técnica económicamente más conveniente.

Así mismo se utilizará una geored HDP con densidad de polímero 0.94 g/cm^2 , ASTM D-1505, con una resistencia a la compresión de 1250Kpa ASTM-1621 y espesor de 6.5mm ASTM D1621.

IV. DISCUSIÓN

1. En el presente capítulo mencionaremos sobre las gestiones municipales de la provincia e Lambayeque viene ejecutando obras de pavimentaciones constantemente en avenidas importantes del distrito, la crítica es que lo viene realizando con pavimento flexible sin considerar cunetas para la evacuación de aguas pluviales, si bien este tipo de proyectos es más económico inicialmente, pero el mantenimiento es más costoso, si hacemos un balance de costos resulta siendo proyectos caros ya que muchas veces por falta de presupuesto o descuido de los funcionarios competentes no se les da el mantenimiento adecuado, por esa razón su vida útil es muy corta, aparte de las deficiencias técnicas que pueda tener.
2. En la tesis que es parte de la referencia bibliográfica **“Propuesta de diseño de pavimentos y obras de drenaje pluvial en la reconstrucción de jirones y/o pasajes (Jr. Francisco Bolognesi, Jr. Perú, Jr. España), principales vías de acceso al sector partido alto y la Hoyada-Tarapoto”**, los autores definen incorrectamente la variable independiente y la variable dependiente.

V-I: Diseño de pavimento rígido, flexible y obras de drenaje pluvial (cunetas y alcantarillas) para el mejoramiento de infraestructura vial urbana de las principales vías de acceso al sector Partido Alto y la Hoyada., confunde el desarrollo de la investigación con el desarrollo de técnico.

V-D: Levantamiento topográfico Estudio hidrológico Estudio de mecánica de suelos, como se puede apreciar las variables no corresponden exactamente al título de la tesis.

Los autores consideran en el análisis del tráfico a los vehículos ligeros como como si fueran vehículos pesados (camiones), además les considera un factor camión para el cálculo de Esal's de diseño, debemos tener en cuenta que los vehículos ligeros no generan impacto destructivo al pavimento, por tanto no puede analizarse como si fuera vehículos pesados, sin embargo de existir un alto porcentaje de vehículos ligeros que pasan constantemente por el tramo en estudio, a mi opinión este flujo

debería ser afectado en función de su peso al flujo de vehículos pesados mas no incluirlos al análisis como si fueran camiones.

En el capítulo III Materiales y Métodos, en el diseño de la investigación, debería desarrollarse la parte investigativa, sin embargo, en lugar de ello se desarrolla toda la parte técnica del pavimento, sin definir población y muestra.

3. En la tesis de referencia **“La pavimentación de las calles del centro poblado el Trébol Huaral”**, al igual que el caso anterior los autores de este trabajo no desarrollan la parte de investigación no identifica muestra y población.

Este trabajo de investigación en la introducción página VI, menciona que épocas de invierno se llenan de barro y lodo, sin embargo, en el diseño no considera sistema de drenaje para aguas superficiales producto de precipitaciones, entonces se podría hablar de que el pavimento sufrirá daños o no cumplirá la vida útil proyectada en este trabajo.

4. En la tesis de referencia **“Diseño de pavimentación en la habilitación las dunas Lambayeque”**, los autores han realizado exploraciones a través de calicatas en una profundidad de 1.30 m, sin embargo, la norma técnica C.E 0.10 Pavimentos Urbanos, estable que la profundidad mínima para exploraciones debe ser 1.50 m.

Así también, según la información pluviométrica del estudio en mención, la precipitación máxima de 24 horas es de 50 mm/h, sin embargo, el proyecto no considera obras de drenaje superficial para evacuar el caudal producto de esta precipitación, es decir existiría un riesgo muy alto de que el proyecto no cumpla su vida útil para cual ha sido diseñado.

5. La tesis de referencia **“Estudio definitivo de la carretera Capote-Lambayeque”**, los autores en las consideraciones de diseño de sub drenajes, no han tenido en cuenta el aporte de caudal al subdren por efectos de regado de los cultivos predominantes en la zona que según la descripción es caña de azúcar y algodón, que sin duda elevarían el nivel

freático y si se analiza que exista una precipitación fuerte un día después de haber aplicado riego, sin duda que el nivel freático alcanzaría la base y sub base , ello podría saturar la el pavimento y por consiguiente causar daños en su estructura.

6. De las tesis utilizadas como referencia, en la mayoría de ocasiones sólo se centra en el desarrollo del diseño de la carpeta del pavimento sin verificar si existirá algún fenómeno que pueda afectar la estructura, aparte del drenaje superficial que en muchas ocasiones tampoco es contemplado es decir no se diseñan estructuras de drenaje superficial.
7. Según el manual de diseño de carreteras del MTC, menciona que si existiera elevado nivel freático y la topografía es plana se debe elevar la rasante, por lo que muchos profesionales se limitan a elevar la rasante perjudicando las viviendas que se encuentran alrededor, no evaluando otras alternativas de solución.

V. CONCLUSIONES

1. La confiabilidad obtenida para el presente estudio de tesis aplicado a la pregunta N°06(VI) con respecto a la pregunta N° 07 y 08 (VD) es 92% y 91.7% respectivamente debido a que el porcentaje de significación calculado es mayor al mínimo de 5%, POR TANTO, SE ACEPTA LA HIPOTESIS H1 planteado en el presente estudio.
2. Se realizó los estudios previos de ingeniería básica como topografía (pendiente llana), estudio de tráfico (2.88×10^6 EE), mecánica de suelos (SUCS arcilla de baja plasticidad CL, AASHTO A-6(05), A-7-6(13), A-6(10), CBR 9.668%), estudio de cantera (CBR 86.30%, potencia $>800,000 \text{ m}^3$, granulometría uniforme).
3. Se desarrolló el estudio hidrológico en el cual se determinó la escorrentía o caudal por el método racional, para el diseño de drenaje pluvial $Q_1=0.019 \text{ m}^3/\text{s}$ para el tramo N°1 y $Q_2=0.072 \text{ m}^3/\text{s}$ para el tramo N°02.
4. Se definieron las características hidráulicas y geométricas del drenaje superficial, para el primer tramo se ha diseñado una sección tipo triángulo recto de $H=0.30 \text{ m}$, $B=0.60 \text{ m}$, $Y=0.23 \text{ m}$, para talud Z: 2, velocidad 1.09 m/s , pendiente 0.35%, para el segundo tramo se ha diseñado una sección tipo triángulo recto de $H=0.30 \text{ m}$, $B=0.60 \text{ m}$, $Y=0.19 \text{ m}$, para talud Z: 2, velocidad 0.92 m/s .
5. Se determinó las características geométricas de la vía, para el primer tramo se diseñó una calzada con 02 carriles por sentido con un separador central de 2.40 m , en el segundo tramo se diseñó 01 calzada con 01 carril por sentido con un separador central de 2.40 m .
6. Se planteó un diseño adecuado de la plataforma de rodadura, espesor de losa 20 cm , espesor de base granular 20 cm .

7. Se propuso un diseño adecuado de subdrenaje para controlar el nivel freático en el tramo crítico, que consistió en diseñar un geodrén de 0.50m en la cabecera y 212.38m de longitud, con un geotextil no tejido NT3000 de 2mm y una geored HDP de 6,5mm de espesor con una tubería de diámetro de 200mm y un ancho de zanja de 0.30m.
8. El presupuesto referencial para la ejecución del presente proyecto es de **6'358,879.70** nuevos soles.

VI. RECOMENDACIONES

1. Implementar en las normas técnicas peruanas procedimientos y consideraciones técnicas para el diseño de subdrenes utilizando geodrenes.
2. Incluir en el manual de hidrología, hidráulica y drenaje-2011(página 188) subdrenaje sintético, el caudal producido por franjas de terrenos adyacentes a la vía, ya que la infiltración que se produzca en esta franja de terreno es un aporte para el subdrenaje el cual dependerá estrictamente de la permeabilidad de este tipo de suelo, en el manual mencionado solo considera el agua que se infiltra en el pavimento mas no en la franja de terreno adyacente.
3. Considerar en las normas técnicas peruanas metodologías y procedimientos para determinar el coeficiente de permeabilidad in situ para suelos finos, tanto por carga constante como para carga variable.
4. Debido a que la Calicata **C2**, tiene sales solubles de 0.702% > a 0.5% según NTP 339.152.2002, pág. 11 y 12 de la Norma CE.010 pavimentos urbanos, Por tanto, se recomienda usar cemento tipo MS.

VII. REFERENCIAS

ANGELONE, SILVIA, GARIBAY, MARIA TERESA y CAUHAPÉ CASAUX, MARINA. 2006. PERMEABILIDAD DE SUELOS. ROSARIO-ARGENTINA : UNR, 2006. 3,9,25.

ARAKAKI, KIMIKO KATHERINE HARUMI RENGIFO. 2014. DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA NUEVA CARRETERA NORTE EN EL NORTE DE HUACHO (KM 188-189). LIMA : PUCD, 2014. 75,77.

BENAVENTE LEON , CHRISTHIAN y SANDOVAL FLORES , ANDERSON JIMY. 2015. LA PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES DEL CENTRO POBLADO EL TREBOL HUARAL. HUARAZ : UNJSC, 2015. 49,78.

CARHUATOCOTO JAIMES, FRANKLIN FERNANDO y BLANDO SANCHEZ, SEGUNDO CHRISTYAN. 2015. ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CAPOTE-LAMBAYEQUE. LAMBAYEQUE : UNPRG, 2015. 184,193.

CHUMBE YDROGO, BRIAN LINCOLN y ROJAS BERRU., JOSE LUIS. 2018. PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS Y OBRAS DE DRENAJE PLUVIAL EN LA RECONSTRUCCION DE JIRONES Y/O PASAJES (JR. FRANCISCO BOLOGNESI, JR. PERÚ, JR. ESPAÑA), PRINCIPALES VIAS DE ACCESO AL SECTOR PARTIDO ALTO Y LA HOYADA-TARAPOTO. TARAPOTO : UNSMT, 2018. 32,93,260-336,113-257.

DANE. 2014. 4001- DOCUMENTO TECNICO DE INFRAESTRUCTURA VIAL. COLOMBIA : DANE, 2014. 23.

ENCICLOPEDIAS DE CONCEPTOS. 2018. CONCEPTO DE ÉTICA. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de 08 de 2018.] <https://concepto.de/etica/>.

FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS y BAPTISTA LUCIO, PILAR. 2014. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. MÉXICO : Mc GrallGill-Sexta Edición, 2014. 304,310.

G. ARIAS, FIDIAS. 2012. EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SEXTA EDICIÓN. CARACAS : EPISTEME, 2012. 24,32,58,67,69,88,111,135,136.

GARCÍA FARIAS , JAVIER DOMINGO. 2015. DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN EN LA HABILITACIÓN LAS DUNAS LAMBAYEQUE. LAMBAYEQUE : UNPRG, 2015. 7,19,20,21,41.53.

GEOSOFT PAVCO. 2012. MANUAL DE DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS, NOVENA EDICION DEPARTAMENTO DE INGENIERIA. BOGOTA-COLOMBIA : PAVCO-MEXICHEM, 2012. 217,251-258,263.

<https://www.significados.com/frecuencia>. 2014. "Frecuencia" en Significados.com. [En línea] 25 de 04 de 2014. [Citado el: 27 de 08 de 2018.] <https://www.significados.com/frecuencia>.

ICG. 2005. MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS-2005-VCHI. LIMA-PERU : ICG, 2005. 2/2,10/1.

KURE BERNAL, MICHEL. 2011. KUadRantE. KUadRantE. [En línea] 28 de 10 de 2011. [Citado el: 22 de 08 de 2018.] <http://www.kuadrante.cl/noticias/2011/10/28/que-es-el-estudio-de-mecanica-de-suelos/>. 1.

L. TORRES, PABLO. 2009. ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE LEFRANC. [En línea] 22 de 08 de 2009. <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Ensayo%20de%20Permeabilidad%20Lefranc%202009.pdf>. 3.

LUPACA HUICHI, ROMULO. 2017. ESTUDIO DEFINITIVO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA AVENIDA TÚPAC AMARU DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LLALLI-MELGAR-PUNO". LLALLI-MELGAR-PUNO : UNA, 2017. 29.

MARIN HERNANDEZ, ELIZABETH y PEREZ CALLEJAS, IVETTE MARELI. 2014. DRENAJE Y SUBDRENAJE EN CARRETERAS. MEXICO D.F : IPN, 2014. 1,44,xvii.

MTC. 2014. MANUAL DE CARRETERAS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA, SUELOS Y PAVIMENTOS. LIMA : MTC, 2014. 21,22,62,63,64,66,68.

MTC. 2016. MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS. LIMA : MTC, 2016. 6.

MTC, DG -. 2018. MANUAL DE CARRETERAS :DISEÑO GEOMÉTRICO DG - 2018. LIMA : MTC, 2018. 285.

MTC-14. 2011. MANUAL DE HIDROLOGIA HIDRÁULICA Y DRENAJE. LIMA-PERU : MTC, 2011. 19-222.

MTC. 2011. MANUAL DE HIDROLOGÍA HIDRAULICA Y DRENAJE. PERU : MTC, 2011. 25,26.

MVCS NT.CE.010. 2010. R.N.E. NORMA C.E 010 PAVIMENTOS URBANOS. LIMA : MVCS, 2010. 9,10,24.

PULECIO DIAZ, JULIAN ANDRES. 2015. TIPOLOGÍA OBRAS DE DRENAJE Y SUB DRENAJE EN VIAS. COLOMBIA : EUCC, 2015. 23,24.

RNE-MVCS. 2006. OS 060-DRENAJE PLUVIAL URBANO. PERU : MVCS, 2006. 8-11, 40-43.

RUIZ URRUTIA, MARLON NOEL y RODRIGUEZ PERALTA, JULIO CESAR. 2016. COMPARACION TECNICO-ECONOMICA DEL USO DE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE EN NICARAGUA. ESTUDIO DE CASO: TRAMO UNIKWAS-MULUKUKU. MANAGUA-GUATEMALA : UNAN, 2016. 208,210,230-233.

SERRANO ANGULO, JOSE. 2017. SOBRE LA POBLACIÓN Y MUESTRA EN INVESTIGACIONES EMPIRICAS. Aula Magna 2.0. [Blog]. Recuperado de: <https://cuedespyd.hypotheses.org/2353>. [En línea] 13 de enero de 2017. [Citado el: 15 de 06 de 2018.] https://f-origin.hypotheses.org/wp-content/blogs.dir/1224/files/2017/01/Aula-Magna-2.0.-_aportacion_jse_serranoA.pdf. 1.

SICHA FLORES, GINO GABRIEL. 2018. DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS PARA LA FUNCIÓN DE SEPARACIÓN, FILTRACIÓN Y REFUERZO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES. LIMA-PERU : PUCP, 2018. 90,94.

TAHUI TE LOPEZ, GIOVANI FRANCISCO. 2015. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN. GUATEMALA : RG, 2015. Vol. 1. XII,29,59.

ANEXOS

Encuesta



Encuesta aplicada a los pobladores de la Av. Andrés Avelino Cáceres-Lambayeque.

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Desarrollo de tesis

**“DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO
CRÍTICO, PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA
ANDRES AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE”.**

ENCUESTA

Presentación del encuestador

Nombre del encuestador: NIÑO SANTISTEBAN ANÍBAL ADOLFO **N° de encuesta:** ____

Buenos días / tardes Sr. (o) (a):

Estoy haciendo una encuesta sobre el mejoramiento de la transitabilidad usando subdrenaje para controlar el nivel freático incrementado por el cultivo de caña, por favor me ayudaría mucho en brindarme su opinión a contestar el siguiente

cuestionario ya que cierta información será de mucha importancia para el desarrollo de mi tesis.

Edad: _____ Sexo: F ☐ M ☐

Cuestionario de preguntas

Marque con un aspa (X) o encierre con un círculo la respuesta que crea conveniente:

- 1) ¿Cómo es el tráfico existe en la avenida?
 - a. Alto
 - b. Regular
 - c. Bajo
- 2) ¿Cómo califica usted el suelo de la avenida Andrés Avelino Cáceres?
 - a. Bueno
 - b. Regular
 - c. Malo
- 3) ¿Qué tan intensas son las lluvias en la zona?
 - a. Alto
 - b. Regular
 - c. Bajo
- 4) ¿Cómo califica usted el escurrimiento del agua de lluvia?
 - a. Bueno
 - b. Regular
 - c. Malo
- 5) ¿Cómo califica el ancho de la avenida?
 - a. Bueno
 - b. Regular
 - c. Malo
- 6) ¿Qué le parece diseñar un pavimento con drenaje en la avenida?
 - a. Bueno
 - b. Regular
 - c. Malo

7) ¿Qué tanto la humedad del cultivo que se aprecia afecta el pavimento?

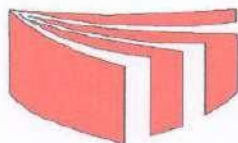
- a.** Alto
- b.** Regular
- c.** Bajo

8) ¿Cuál sería su apreciación si se instalara una tubería de drenaje?

- a.** Bueno
- b.** Regular
- c.** Bajo

Muchísimas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a responder esta encuesta.

Anexo: Validación por expertos



UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

1

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y Nombres del Informante: Florencia Saravia Luis Enrique
 1.2 Cargo e Institución donde labora: Master System
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Encuesta
 1.4 Título de la Investigación: Diseño del pavimento rígido usando geodrenes en tramo crítico, para controlar nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres, Lambayeque.

Estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				85	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				85	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				85	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					95
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					95
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos.				85	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					100
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95
10. PERTINENCIA	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación.					100
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						92

Adaptado por: ANIBAL ADOLFO NIÑO SANTISTEBAN

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 92.....%. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

(...) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

(...) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: Ciudad de Chiclayo,

DNI. N° 36806022 Teléfono N° 986142761

Luis Enrique Flores Saravia
LUIS ENRIQUE FLORES SARAVIA
LIC. EN ESTADÍSTICA
COESPE N° 694

Firma del Experto Informante.



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

INFORME DE OPINIÓN PE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INYESTIGACION

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellktos y Nombres del Informante: ... T... ..
- 1.2 Cargo e In dende labora: to'MSJL t.o., (cm,,iiu:f.n y ,r.,r.,,,,do, Co.,r,w/A 1.c-1..
- 1.3 Nombre del Infrvmento motivo de evalU8Cl6n: Encuesta
- 1.4 Título de la Inves:Ogaclón: Diseno del pavimento rigido usando geodrenes en tramo critico, para controlar nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres. Lambayeque.

Estudiante de la Escuela de Ingenlerfa CivH de la Univenud9d César Vallejo.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

II'DICI\OO	CRITF..RIOS	III ciente 00-20--	Rtgul:ir IIIIIIII	BOM 41	IIII Huera 61-	Lxcc lente U- 100%
1 CLARIDAD	'''' bmulWU con lt'flguajc III a ''''''''				go BV 80	
2.OBJETIVIIJAU:IKlo. en I obxr-.abks.					
J.ACHIIJALIDAD	Ada:UMO al avance de 1• clenclI In temol.....,I.					
4 ORGANI/..AUO'I	Exilile una c.-janinción lóglcL					90
5 SUFICIE'IOA	Comprende QIIIIIdPd y caJiditd				Bo	qG
1.tur.,s13 rtNcia						
6.1 CIONALIDAIJ	Adecuado para valonr '5pCOM c:suJC en IIIIIII teórico- cientiflcos				90 ;i o	
I COHER8'CI.A	Entre los Ind,oes, indieadores i, Ju dimensioott.					
9.\ffITOOOLOGIA	L.u tmtc:ia rcspl100e eeoeósc del diun6slico					
IO. PERTINENCIA	El instrumntQ C5 .dcuado para el IIO de la invCShi"ón.					
PROMEDIO DE: VALIDACION	par A''I8A.I.AOOLFONI''O T8TISAN					

DAD:
lo
Ing. José Agustín Benavente Pareda
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 77516

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: ..B,,\ % V: OPINIÓN DE APLICAUILI

(>.<) El instru..ento puede ser aplicado. tal <Omo está elaho,-.do.

(.*.) El Instrum,nto dtbt ser mejorado antes de ur apliado.

Lugar y fecha: Ciudad de Chiclll)O.

....r:di& ; jif ; ;Mo.

DNL N° /J65913D --Teléfono q.,SWI/6

Anexo: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO: TESIS	DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO, USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRES AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE.				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACION
Problema General:	Objetivo General	Hipotesis General	Variable independiente	Tipo de Investigación: PROYECTIVA	
¿Cómo diseñar un pavimento rígido ,si existe un tramo crítico con elevado nivel freático en la avenida andrés Avelino Cáceres ?	Diseñar pavimento rígido, usando geodrenes en tramo crítico, para controlar nivel freático en la avenida Andrés Avelino Cáceres, Lambayeque.	Si se realiza el diseño de pavimento rígido usando geodrenes , se logrará controlar el nivel freático en tramo crítico de la avenida Andrés Avelino Cáceres	Diseño de pavimento rígido	Intervención del Investigador: OBSERVACIONAL	
				Planificación toma de datos : RETROSPECTIVA	
			variable dependiente	Numero mediciones variable : TRANSVERSAL	
				Número de Variables: ANALITICO	
Control del nivel freático	Nivel de Investigación: DESCRIPTIVO				
				METODO	
Problemas específicos:	Objetivos específicos	Hipótesis específicos		$O \rightarrow M \dots P$ O= Observación M= Muestra P= Propuesta	MUESTRA: De acuerdo a la ecuacion la muestra es de 98 viviendas. Ecuación para calculo de la muestra $n = \frac{Zc^2 \cdot p \cdot q}{e^2} \cdot (2 \cdot (n-1) + 4^2 \cdot 4)$ N: tamaño de la población n: tamaño de la muestra Zc/2: toma el valor de 4 porque el jivel de confianza es de 95% p y q: toma el valor de 50 por no existir antecedentes o prueba piloto e/2: error de muestreo +-5,por estar elevado al cuadrado toma el valor de 25.
¿ Que estudios previos de ingeniería básica es necesario. realizar en la zona de estudio ?	Realizar los estudios previos de Ingeniería básica como topografía, tráfico, mecánica de suelos, canteras, fuente de agua.	Los estudios básicos de ingeniería contribuyen en el diseño de pavimento rígido y control del nivel freático			
¿Cuál es el valor de la escorrentia superficial que se deberá establecer para la zona de estudio?	Establecer el estudio hidrológico para determinar la escorrentia superficial	El estudio hidrológico establece la escorrentia superficial y contribuye en el control del nivel freático			
¿ Que características hidráulicas y geométricas optimizaran el drenaje superficial?	Determinar las características hidráulicas y geométricas del drenaje superficial	Las características hidráulicas y geométricas determinan optimamente el drenaje superficial			
¿Cuáles serían las características geométricas que definiran la pavimentación y el drenaje de la avenida Andrés Avelino Cáceres?	Definir las características geométricas de la vía	Las características geométricas de la vía definen la optimización de la transitabilidad vehicular y peatonal			
¿Cuál sería la mejor propuesta de pavimentación para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Andrés Avelino Cáceres?	Proponer un diseño adecuado de pavimentación vehicular y peatonal	Si se propone un diseño adecuado de pavimentación, entonces se optimizará la transitabilidad vehicular y peatonal			
¿Cuál sería el mejor diseño de subrenaje a adoptar en el tramo crítico de la avenida, a fin de evita el deterioro del pavimento?	Adoptar un diseño adecuado de subdrenaje para controlar el nivel freático en tramo crítico de la vía	Si se adopta un diseño adecuado de sub drenaje, se controlará el nivel freático			

Fuente: Elaborado por el Investigador

ANEXO 01

CONCEPTOS TEÓRICO, TABLAS Y FIGURAS UTILIZADAS

1.3.1.1.1 Estudio de Topografía

La topografía es uno de los factores principales en la localización de una vía, pues permite al ingeniero examinar una faja de terreno buscando las características topográficas, permitiendo identificar puntos de controles que pueden ser naturales, artificial o hechos positivos o negativos por el hombre que restringirán el trazo generalmente afecta a los alineamientos, pendientes, visibilidad y secciones transversales de la vía.

a. Método basado en medidas angulares

Triangulación

Consiste en calcular las coordenadas de una serie de puntos, formando triángulos, para ello se deben conocer mínimo dos puntos que definan la base. (LUPACA HUICHI, 2017).

Intersecciones (directa o inversa):

Las intersecciones son métodos en los que para determinar la posición de punto solo basta con tener la medida de ángulos. Si las observaciones se hacen desde puntos de coordenadas conocidas se llaman intersecciones directas, y si se realizan de un punto cuyas coordenadas se quieren determinar, se llaman inversas.

Así mismo se puede medir ángulos verticales, para determinar la coordenada Z. (LUPACA HUICHI, 2017).

b. Métodos basados en la medida de ángulos y distancias

Poligonal.

Este método se realiza para determinar las coordenadas de una serie de puntos no conocidos, a partir de otros puntos que han sido determinados de manera precisa.

Consiste en medir las longitudes de los tramos y los ángulos horizontales entre ejes consecutivos. (LUPACA HUICHI, 2017).

Radiación

Consiste en estacionar el equipo topográfico en un punto de coordenadas conocidas y medir coordenadas polares (ángulo y distancia reducida) a los puntos cuya posición se desea determinar.

Es un método adecuado para hacer un levantamiento de una zona con visibilidad desde un punto. (LUPACA HUICHI, 2017).

c. Métodos de medida de desniveles

Nivelación trigonométrica

En este método de nivelación, los desniveles se determinan a través de procedimientos trigonométricos, a partir de medidas de ángulos verticales, horizontales y distancias de los puntos que requiere determinar su elevación.

Nivelación geométrica

Consiste en determinar desniveles entre puntos mediante visuales horizontales, el instrumento utilizado comúnmente es el nivel topográfico.

d. Clases de errores

Según (GAMEZ MORALES, 2015), los errores en trabajos de ingeniería pueden dividirse en sistemáticos y accidentales.

Errores Sistemáticos: son errores que constantemente siguen una ley definida física o matemática. La magnitud de estos errores se puede determinar y eliminar aplicando métodos sistemáticos que se

pueden aplicar en el trabajo de campo ó en las correcciones de las medidas en gabinete.

Errores Accidentales: este error consta de una serie de causas que el observador no puede controlar y por tanto no es posible obtener correcciones es decir que, para cada observación, la magnitud y signo algebraico del error accidental depende del azar y no pueden calcularse.

Los errores accidentales solo se pueden disminuir teniendo más cuidado el observador al momento de tomar las lecturas, o aplicando mayores repeticiones de las lecturas en campo.

1.3.1.1.2 Volumen de movimientos de tierras

a. Movimiento de Tierras

El proceso constructivo que consiste en cortar y rellenar en donde sea necesario para construir la plataforma de explanación y el transporte de un material que fue excavado, para eliminarlo del área de la obra o para servir en la construcción de rellenos en la misma obra, se llama en su conjunto movimiento de tierras.

Cuando las cantidades de material de corte no son suficientes o son de mala calidad, para los rellenos, se recurre a excavar en áreas laterales de la plataforma de explanación o en canteras fuera de movimiento de tierras de la obra misma, para con ese material completar y ejecutar los rellenos. La adopción de un eje y de la subrasante correspondiente, tiene un número infinito de soluciones, implicando cada una, cantidades diferentes de movimientos de tierras.

b. Cálculo del Volumen

Los volúmenes de corte o relleno, entre dos progresivas o estacas sucesivas se ha calculado por el método de las áreas medias, el cual

consiste en considerar el volumen existente de corte o de relleno, igual al producto del promedio de las áreas de corte o de relleno, según sea el caso, por las distancias entre las áreas consideradas.

Si existe área de corte en una estaca y no en la otra, o si existe área de relleno en una estaca y no en la otra los volúmenes de corte o de relleno será igual al producto de la cuarta parte del área de corte o de relleno, según sea el caso, por la distancia entre las áreas consideradas.

Este criterio se basa en el supuesto de que, existiendo área, en una estaca y no en la otra, dicha área va disminuyendo hasta hacerse cero en un punto ubicado en la mitad de la distancia existente entre las estacas consideradas.

Los volúmenes así, obtenidos se presentan por kilómetro en los cuadros de metrados de movimiento de tierras, para el presente estudio se utilizó el software AutoCAD civil 3D 2014.

c. Compensación de Volúmenes de Tierra

La solución más económica para la construcción de una vía, es cuando el volumen del corte es justo el necesario para formar el relleno lateral, las tierras pasan entonces, de corte a relleno, existiendo en este caso una compensación transversal de volúmenes; se abra construido un relleno con material propio o sea un relleno compensado.

Hay que tener en cuenta que cuando se hace una compensación a fin de balancear los volúmenes de corte y que se necesitan en los rellenos es necesario tomar en cuenta que un material se compacta al construirse el terraplén su volumen disminuye, por esta razón si cortamos 1 m³, se obtiene un volumen mucho mayor de material suelto, este incremento depende del material que se corta llamándose a este proceso esponjamiento.

Cuando el material es colocado en capas sobre la sub rasante, regado y compactado, el volumen obtenido es mucho menor que el volumen original cortado, a este fenómeno se le denomina Contracción de Masas Sólidas.

El volumen virtual de corte se obtiene multiplicando el valor de corte por un factor de compactación "F". El factor F considera que no todo el material de corte es útil en los rellenos, como ocurre con las capas de tierra vegetal que cubre el terreno.

La forma de estudiar esta compensación es construyendo el diagrama de masas.

1.3.1.1.3 Estudio de Tráfico

(MTC, 2014), En la sección suelos y pavimentos de este manual, con respecto al estudio de tráfico menciona que se debe conocer lo siguiente:

a. Conocimiento de la demanda para estudios

El estudio de tráfico debe proporcionarnos el índice medio diario anual (IMDA), además de conocerse la demanda de volumen de tráfico actual debe conocerse la clasificación por tipo de vehículos. Para el cálculo del IMDA requiere de índices de variación mensual, datos que el MTC dispone de los registros en las estaciones de peajes y pesajes.

La información obtenida en el estudio de tráfico debe estar orientada para cálculo del IMDA, iniciando por el cálculo de volumen vehicular actual clasificado por tipo de vehículos en cada sentido de tráfico, así mismo la demanda de cargas por eje y la presión ejercida por los neumáticos en el caso de vehículos pesados (camiones, buses), guardan una relación directa con el deterioro del pavimento.

La información obtenida sirve principalmente de base para calcular la demanda proyectada en el periodo de análisis o de diseño, así mismo establecer los ejes equivalentes (EE) de diseño para el pavimento.

b. Factor direccional y factor carril

El factor direccional es expresado como una relación de los vehículos pesados que pasan por un determinado sentido o dirección del tráfico, normalmente corresponde a la mitad del volumen de tránsito total de circula en ambas direcciones.

factor carril es la relación que corresponde al carril que tiene el mayor número de Ejes Equivalentes, y que define el carril de diseño, para ello se deberá tener en cuenta el número de direcciones o sentidos, el número de carriles por calzada. (Tabla N°04).

Tabla N°04: Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional (Fd)	Factor Carril (FC)	Factor ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMD a total de calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDA total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: (MTC-14, 2011), pág. 64 del manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos.

c. Cálculo de tasas de crecimiento y proyección

Para la estimación del crecimiento del tránsito el MTC recomienda utilizar la fórmula de progresión geométrica.

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n : Tránsito proyectado

To : Tránsito actual

r : Tasa anual de crecimiento de tránsito

n : Número de años en el periodo de diseño

Según MTC, la tasa de crecimiento anual de tránsito está asociada al crecimiento del tránsito vehicular de pasajeros y la tasa de crecimiento poblacional, de la misma manera la tasa de crecimiento de vehículos de carga con la tasa anual de crecimiento de la economía (PBI), generalmente las tasas de crecimiento de tráfico están en el rango de 2%-6%.

Así también la proyección de la demanda podrá dividirse en dos componentes, una para la proyección de crecimiento poblacional y otra para la proyección del crecimiento vehicular. Ambos índices de crecimiento referidos a la región que normalmente cuenta con datos estadísticos.

Para la estimación del factor de crecimiento anual (Fca), se ha utilizado la fórmula de progresión geométrica por separado tanto para el componente de crecimiento de tránsito de vehículos de pasajeros (vehículos ligeros) y para el componente de tránsito de vehículos de carga (vehículos pesados)

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Dónde:

Fca. : Factor de crecimiento anual.

r : Tasa de crecimiento.

n : Periodo de diseño.

d. Factor Vehículo pesado (Fvp)



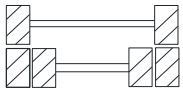
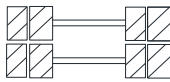
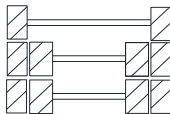
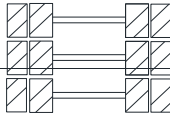
También se le denomina factor camión y se define como el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado sea bus o camión, el promedio del Factor camión se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes de un bus o camión determinado entre la sumatoria de ejes equivalentes del vehículo pesado seleccionado.

e. Número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL)

Los EE, son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de distintas cargas de diferentes tipos de ejes de vehículos pesados sobre la estructura de cualquier pavimento.

El efecto de deterioro de un pavimento se mide según las unidades AASHTO en ejes equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño, la cual consta de un eje simple de dos ruedas convencionales cargados con 8.20 tn de peso y con neumáticos a la presión de 80lb/pulg².

Figura 02: Configuración de ejes

CONJUNTO DE EJE (S)	NOMENCLATURA	N° DE NEUMÁTICOS	GRÁFICO
EJE SIMPLE (Con rueda simple)	1 RS	02	
EJE SIMPLE (Con rueda doble)	1 RD	04	
EJE TANDEM (1 eje rueda simple+ (1 eje rueda doble)	1 RD + 1 RD	06	
EJE TANDEM (2 ejes rueda doble)	2 RD	08	
EJE TRIDEM (1 eje rueda simple+ (2 eje rueda doble)	1 RD + 2 RD	10	
EJE TRIDEM (3 ejes rueda doble)	3 RD	12	
NOTA: RS: rueda simple RD: rueda doble			

Fuente: (MTC-14, 2011), pág. 66 del manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos.

Para el cálculo del Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.20tn o 18kips o 80kn se usa la siguiente expresión.

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times Fca \times 365]$$

Donde:

$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2 \text{ tn}}$: Numero de repeticiones de ejes equivalentes de 8.20tn.

$EE_{\text{día-carril}}$: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado por día para el carril de diseño.

Fca : Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado.

1.3.1.1.4 Estudio de Mecánica de Suelos

La mecánica de suelos es la ciencia que se encarga del estudio de las características físicas y mecánicas del suelo, así como también se ocupa del estudio de esfuerzos que se producen en el suelo y los efectos a que dan lugar estos sobre el mismo.

El estudio de suelos consiste en una serie de ensayos de muestras tomadas del terreno de fundación y de las canteras que nos permite conocer las características físicas y mecánicas de estos suelos y materiales para poder clasificarlos adecuadamente y determinar la calidad de los mismos, con lo cual se podrá proveer las soluciones del caso, tanto en el diseño del pavimento como en el procedimiento constructivo de la vía.

Para el presente capítulo se tomado como referencia el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma C.E 010 Pavimentos urbanos.

El (MVCS NT.CE.010, 2010) a través de la norma C.E 010 pavimentos urbanos capítulo 03, hace mención a las Técnicas de investigación de campo, ensayos de laboratorio, requisitos de materiales, que a continuación se menciona:

1.3.1.1.4.1 Técnicas de Investigación de campo

Las técnicas de investigación de campo, aplicables al Estudio de mecánica de suelos para el diseño de pavimentos está indicada de en la **Tabla N°05**.

Tabla N°05: Técnicas de investigación de campo

NORMA	DENOMINACIÓN
MTC E101-2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
NTP 339.143.1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.
NTP 339.144.1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad in situ del suelo-agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial)
NTP 339.250.2002	SUELOS. Método de ensayo para la determinación en campo del contenido de humedad, por el método de presión del gas carburo de calcio, 1a.ed.
NTP 339.150.2001	SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual, manual.
NTP 339.161.2001	SUELOS. Práctica para la investigación y muestreo de suelos por perforación con barrena.
NTP 339.169.2002	SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubos de pared delgada.
NTP 339.172.2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado para el contenido de humedad de suelo y roca in-situ por métodos nucleares (poca profundidad)
NTP 339.175.2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado in-situ para CBR (California Bearing Ratio-Relación del valor de soporte) de suelos.
ASTM D 6951	Método estándar de ensayo para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones superficiales de pavimentos.

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.07.

Así también esta norma hace referencia en la **Tabla N°06**, los puntos de investigación mínimo de acuerdo al tipo de vía que deberán realizarse, siendo la profundidad mínima de excavación en cada punto de investigación 1.50m por debajo de la cota rasante de la vía.

Tabla N°06: Puntos de investigación mínimo de acuerdo al tipo de vía

TIPO DE VIA	NUMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (Mm2)
Expresas	1 cada	2,000
Arteriales	1 cada	2,400
Colectoras	1 cada	3,000
Locales	1 cada	3,600

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pág.08.

Según (MTC, 2014) Manual de carreteras, geología, geotecnia, suelos y pavimentos menciona que para IMDa entre **400** y **200** veh/día, el número mínimo de calicatas es de 2 por cada kilómetro.

Así mismo este manual menciona que en el caso de estudios de factibilidad o pre factibilidad se realizarán exploraciones cada 2 a 4km. De la misma manera la Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.5, indica que la profundidad mínima de investigación será de **1.50** m por debajo de la cota rasante final de la vía.

La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.8, indica que, efectuado el registro de la estratigrafía, el muestreo, se deberá rellenar las excavaciones con los materiales extraídos.

La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.9, indica que durante la investigación de campo se elaborará un perfil estratigráfico para cada punto de investigación, basado en la clasificación visual manual, según la NTP 339.150:2001.

La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.12, indica que se determinará un (1) CBR por cada 5 puntos de investigación o menos según lo indicado en el Cuadro 2 y por lo menos un (1) CBR por cada tipo de suelo de sub-rasante.

1.3.1.1.4.2 Normas para ensayos de Laboratorio

Según esta Norma, los ensayos aplicables al estudio de mecánica de suelos con fines de diseño de pavimentos se muestran en la **Tabla N°07**.

Tabla N°07: Ensayos aplicables al EMS con fines de diseño de pavimentos

NORMA	DENOMINACIÓN
NPT 339.152.2002	Suelos. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas
NTP 339.117.2002	Suelos. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en el suelo y agua subterránea.
NTP 339.178.2002	Suelos: Método de ensayo normalizado por la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.
NTP 339.076.1982	Hormigón (concreto).Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros en la aguas usadas en la elaboración de concreto y morteros.
NTP 339.126.1998	Suelos. Métodos para la reducción de las muestras de campo a tamaños de muestra de ensayo.
NTP 339.127.1998	Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo.
NTP 339.128.1999	Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico
NTP 339.129.1999	Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.
NTP 339.131.1999	Suelos. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos de un suelo.
NTP 339.132.1999	Suelos. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz 75um(N°200).
NTP 339.134.1999	Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería(SUCS Sistema unificado de clasificación de suelos)
NTP 339.135.1999	Suelos para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte
NTP 339.139.1999	Suelos. Determinación del peso volumétrico de suelos cohesivos
NTP 339.144.2000	Suelos. Método de ensayos estándar para densidad in situ del suelo agregado por método de nucleares(profundidad superficial)
NTP 339.145.2000	Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en laboratorio.
NTP 339.146.2000	Suelos. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
NTP 339.147.2000	Suelos. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares (carga constante).

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pág. 9 y 10.

1.3.1.1.4.3 Descripción de los Ensayos de Laboratorio

Dentro de los trabajos de Laboratorio tenemos:

- a. Análisis granulométrico por tamizado:** El objetivo es determinar en forma cuantitativa la distribución de tamaños de partículas de suelo.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla N° 08: Análisis granulométrico

Tipo de Material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm – 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm – 0.05 mm
Limo	0.05 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Jiménez Salas "Mecánica de Suelos y sus Aplicaciones"

- b. Límite líquido:** El objetivo es determinar el límite líquido que representa el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido. El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

- c. Límite plástico:** El objetivo es determinar el límite plástico que representa la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen, es decir cuando éste se halla en el límite entre el estado semi sólido y el estado plástico.

d. **Índice de plasticidad** se define como la diferencia entre el límite líquido y límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Sobre todo esto se puede dar la clasificación siguiente:

Tabla N°09: Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Suelos muy arcillosos
$20 > IP > 10$	Suelos arcillosos
$10 > IP > 4$	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Jiménez Salas "Mecánica de Suelos y sus Aplicaciones"

e. Índices de Consistencia

Con la finalidad de caracterizar la consistencia del suelo se determina el índice de consistencia, este valor informa del estado natural del terreno en el que se encuentra, en función a su humedad natural. El índice de consistencia varía entre 0 y 1 dentro del rango de contenidos de humedad y es un indicador de la consistencia potencial del material, de tal manera que un suelo se considera más consistente según dicho índice se acerca a 1 o sobrepasa este valor, el índice de consistencia se calcula en base a la siguiente formula:

$$I_c = (LL - w) / IP$$

Tabla N°10: Índice de consistencia

INDICE DE CONSISTENCIA	ESTADO DEL SUELO
< 0.00	Líquido
0.00-0.25	Semi-líquido
0.25-0.50	Plástico muy blando
0.50-0.75	Plástico blando
0.75-1.00	Plástico duro
>1.00	Sólido

Fuente: Jiménez Salas "Mecánica de Suelos y sus Aplicaciones"

La tabla anterior relaciona los valores que se pueden obtener a partir del índice de consistencia, de acuerdo a la participación de suelos que han estado sujetos a saturación los tiempos prolongados en algunos casos, o de manera cíclica para sustratos provenientes directas o indirectas de precipitaciones por épocas.

- f. Contenido de humedad:** El objetivo es determinar el contenido de humedad de un suelo, definiéndosele como la relación entre el peso del agua contenida en el suelo y el peso de la muestra seca.
- g. Porcentaje de sal:** El objetivo es determinar el porcentaje de sal que contiene un determinado suelo.
- h. Contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca (Proctor modificado):** Se efectúa este ensayo para asegurar una buena compactación, esto se traduce en determinar la humedad que se requiere, con una energía de compactación para obtener la densidad seca máxima que se puede conseguir para un determinado suelo. Dicho de otro modo éste método se emplea para determinar

la relación entre la humedad y el peso unitario de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 kg (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm.

- i. California Bearing Ratio (CBR):** Se efectúa este ensayo para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante así mismo de la capa de base (afirmado). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

El índice C.B.R. está comprendido generalmente entre 0% y 100%. El suelo es regular por debajo de 12 y malo por debajo de 6.

Las especificaciones establecen, generalmente, que los materiales de préstamo para sub-base deben tener expansiones del 2% al cabo de 4 días. Así mismo, se recomienda que los materiales para base tengan expansiones menores del 1%.

El ensayo de penetración se lleva a cabo en una máquina de compresión, se toma lecturas de carga vs penetración.

Tabla N° 11: Clasificación típica de CBR

C B R	CLASIFICACION	USOS	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Sub - rasante	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a regular	Sub - rasante	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub-base	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, Sub-base	A1b, A2-5, A3, A2-6
Mayor a 50	Excelente	Base.	A1a, A2-4, A3

Fuente: Estructuración de Vías Terrestres. Autor: Fernando Olivera Bustamante

- j. **Desgaste por Abrasión:** Consiste en determinar el desgaste por abrasión del agregado grueso menor a 3" de diámetro utilizando la máquina de los ángeles, previo pesado (Peso original) y selección del material a emplear por medio de un grupo de tamices apropiados, dicho material debe estar limpio y seco.

1.3.1.1.4.4 Clasificación de los suelos

Considerando que en la naturaleza existe una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos para poder clasificarlos. Cada uno de estos métodos tiene su campo de aplicación según su necesidad y uso que los haya fundamentados.

Para el diseño de Pavimentos se ha utilizado el método de American Association of State Highway and Transportation Officials (A.S.S.H.T.O.) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

1.3.1.1.4.5 Clasificación de los suelos según método AASHTO

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos **A-1 al A-8**.

Los **suelos inorgánicos** se clasifican en 7 grupos que van del **A-1 al A-7**. Estos a su vez se subdividen en un total de 12 grupos.

Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como **A-8**.

1.3.1.1.4.6 Descripción de los grupos de clasificación

A) Suelos Granulares

Son los que tiene 35% o menos, de material fino que pasa el Tamiz Nº 200. Está formado por los grupos A-1, A-2 y A-3.

a.1) Grupo A-1: Comprende las mezclas bien graduadas, compuesta de fragmentos de piedra, grava, arena, y material ligante poco plástico. También se incluyen en este grupo mezclas bien graduadas que no tiene material ligante.

Sub Grupo A-1a: Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado.

Sub Grupo A-1b: Incluye aquellos materiales formados predominantemente por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante.

a.2) Grupo A-2: Comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino.

Sub Grupos A-2-4 y A-2-5: Pertenecen a estos sub grupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz N° 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5, respectivamente.

Estos grupos incluyen aquellos suelos gravosos y arenosos (Arena Gruesa), que tengan un contenido de limo o índices de grupo, en exceso a los indicados al Grupo A-1. Así mismo, incluye aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el Grupo A-3.

Sub Grupos A-2-6 y A-2-7: Los materiales de estos sub grupos son semejantes a estos anteriores, pero la fracción que pasa el tamiz N° 40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7, respectivamente

a.3) Grupo A-3: En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas, de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Este grupo incluye, además las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

B) Suelos finos limo arcillosos

Contiene más del 35 % del material fino que pasa el Tamiz N° 200, estos suelos constituyen los grupos **A-4, A-5, A-6, A-7**.

b.1) Grupo A-4: Pertenecen a estos grupos los suelos limosos poco o nada Plásticos, que tiene un 75 % o más del material fino que pasa el Tamiz N° 200. Además, se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 64%.

b.2) Grupo A-5: Este tipo de suelo es semejante al anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tienen un límite líquido elevado.

b.3) Grupo A-6: El material típico de este grupo es la arcilla plástica. Por lo menos el 75 % de estos suelos debe pasar el Tamiz N° 200, pero se incluye también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan por lo general grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

b.4) Grupo A-7: Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A-6, pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados

Sub Grupo A-7-5: Incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos.

Sub Grupo A-7-6: Comprende aquellos suelos cuyos índices de Plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y además experimentan cambios de volumen extremadamente grandes.

Tabla N° 12: Sistema de clasificación AASTHO

Clasific. General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos Finos ($> 35\%$ Bajo 0,08 mm)				
Grupo	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*			A-7-5** A-7-6**	
2 mm.	≤ 50										
0,5 mm.	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm.	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35			36				
W_L				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$						A-7-6: $IP > (W_L - 30)$					
Si el suelo es NP \Rightarrow IG = 0; Si IG < 0 \Rightarrow IG = 0											

1.3.1.1.4.7 Índice de Grupo

La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite líquido, índice de plasticidad y porcentaje de material fino que pase el tamiz N° 200. Los índices de grupo de **los suelos granulares** están generalmente comprendidos entre **0 y 4**, los correspondientes a **suelos limosos** entre **8 y 12**, los correspondiente a 13 a 20 o más son **suelos arcillosos**.

Cuando se indica un índice de grupo este debe colocarse entre paréntesis. Por ejemplo, A-2-4 (1), quiere decir que se trata de un suelo A-2-4 cuyo índice de grupo es 1. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero.

Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo no utilizable para caminos.

El índice de grupo se calcula con la fórmula:

$$I.G. = (F - 35) [0.2 + 0.005 (L.L. - 40)] + 0.01(F - 15) (I.P. - 10)$$

Donde:

F = Fracción suelo que pasa la malla N°200

LL= Límite Líquido

IP = Índice de plasticidad

Tabla N°13: Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Sub-rasante
I.G. > 9	Muy pobre
I.G. está entre 4 a 9	Pobre
I.G. está entre 2 a 4	Regular
I.G. está entre 1 – 2	Bueno
I.G. está entre 0 – 1	Muy bueno

1.3.1.1.4.8 Clasificación de los suelos según el método SUCS

La clasificación es basada en las propiedades de plasticidad y en la distribución del tamaño de grano, según esta última, el sistema divide el suelo en dos grandes categorías:

- a) Suelos gruesos granulares:** Son aquellos materiales en los cuales el porcentaje retenido en la malla N° 200 es superior al 50%. Dentro de ellos están las fracciones de arena y grava, son suelos donde la distribución del tamaño y la forma de los granos influye notablemente en las propiedades ingenieriles del suelo.
- b) Suelos finos granulares:** Son los suelos en los cuales en 50% o más pasa la malla No 200. En estos suelos se incluyen las fracciones limo y arcilla, así como las fracciones de carácter orgánico. En los suelos finos son las propiedades de plasticidad las usadas para su clasificación.

Simbología

La simbología utilizada para la clasificación del suelo es la siguiente:

Tamaño de partículas:

- G: Fracción de suelo más grueso o tamaño grava (Gravas)
- S: Fracción del suelo con tamaño de grano comprendido entre malla No.4 y malla No.200 (Arena).
- M: Fracción fina del suelo que no posee propiedades de plasticidad, o de tener, es muy baja (Limos).
- C: Fracción fina del suelo que posee propiedades de plasticidad (Arcillas).

Respecto a la distribución de las partículas en el suelo:

- W: Buena gradación del suelo, o sea que dentro de la masa de suelo hay predominio de un tamaño de grano.
- P: Mala gradación. Significa que dentro de la masa de suelo hay variedad en el tamaño de grano, aunque haya predominio de uno de ellos.

Respecto a Plasticidad:

- L: Suelos con baja plasticidad, son aquellos donde $LL < 50$
- H: Suelos con alta plasticidad, aquellos donde $LL > 50$

1.3.1.1.4.9 Suelos gruesos

Se dividen en gravas (G) y arenas (S), se separan con el Tamiz N° 4 de tal manera que un suelo pertenece al Grupo G si más del 50% del peso de su fracción gruesa queda retenido en el Tamiz N° 4 y pertenece al Grupo S en caso contrario.

a) Gravass: Si el porcentaje de finos contenidos en la grava es menor del 5% la grava puede ser bien gradada (**GW**), si cumple que el

coeficiente de curvatura (C_c) presente un valor entre 1 y 3; y el coeficiente de uniformidad (C_u) sea mayor de 4, si no cumple los coeficientes anteriores la grava será mal gravada (**GP**).

Si el porcentaje de finos contenido en la grava es mayor del 12 % la grava puede ser **GC** si los finos son arcilla y **GM** si los finos son limo.

Si el porcentaje de finos está entre 5 y 12 se usa símbolo doble, por ejemplo, GW-GC.

b) Arenas: Si el Porcentaje de finos contenido en la arena es menor del 5%, la arena puede ser, bien gradada (**SW**) si se cumple que $1 < C_c < 3$ y $C_u > 6$; si no se cumple los coeficientes anteriores la arena será mal gradada (**SP**).

Si el porcentaje de finos, contenido en la arena es mayor del 12% la arena puede ser arcillosa (**SC**) si los finos son arcilla, o limosa (**SM**) si los finos son Limo.

Si el porcentaje de finos está entre 5 y 12 se usa símbolo doble, por ejemplo, SP-SM.

Coeficiente de curvatura y uniformidad

Estos coeficientes permiten comparar y calificar granulometrías se definen de la siguiente manera:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

D_{60} = Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60% del suelo en peso.

D_{10} = Diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10 % del suelo en peso.

1.3.1.1.4.10 Suelos finos

La clasificación de los suelos finos se realiza con la carta de plasticidad, la misma que contiene zonas delimitadas por dos líneas básicas: Línea A que separa las arcillas de los limos y suelos orgánicos, Línea B que separa los suelos de alta y baja plasticidad.

Este sistema considera los suelos finos en tres grupos:

Limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O) cada uno de estos suelos se subdivide según su límite líquido en dos grupos cuya frontera es el límite líquido. Si el límite líquido del suelo es menor a 50% se añade al símbolo la letra L lo que significara de baja plasticidad, si es mayor a 50% se añade la letra H que significa de alta plasticidad de tal manera que se tendrá los siguientes tipos de suelos:

ML: Limos inorgánicos de baja plasticidad

OL: Limos y arcillas orgánicas de baja plasticidad

CL: Arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

MH: Limos orgánicos de alta plasticidad.

OH: Arcillas y limos orgánicos de alta plasticidad.

Los suelos altamente orgánicos, como las turbas, se designa con el símbolo **Pt**.

Tabla N°14: Sistema unificado de clasificación de suelos

Divisiones principales		Simbolos de grupo	Nombre característico	Procedimientos de identificación de campo. (Se excluyen las partículas mayores de 3 pulgadas y las fracciones tienen como referencia los pesos estimados)		
1	2	3	4	5		
Suelos de grano grueso. Más de la mitad del material es de mayor tamaño que el de una malla No. 200. La partícula más pequeña que puede verse a simple vista.	Gravas Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamaño de la malla No. 4 (Para clasificación visual, puede utilizarse un tamaño de 1/4 de pulgada como equivalente a las dimensiones de la malla No. 4).	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas arena-grava, pocos finos o sin ellos	Amplio rango en tamaños de granos y cantidades substanciales de todos los tamaños intermedios de partículas	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas arena-grava, pocos finos o sin ellos	Predominantemente un tamaño o una gama de tamaños con algunos tamaños intermedios faltantes	
		Gravas con limos (con apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas de grava-arena-limo	Finos no plásticos o finos con poca plasticidad (para procedimientos de clasificación véase ML abajo)	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-limo	Finos plásticos (para procedimientos de clasificación véase CL abajo)	
	Arenas Más de la mitad de la fracción gruesa es más pequeña que el tamaño de la malla No. 4 (Para clasificación visual, puede utilizarse un tamaño de 1/4 de pulgada como equivalente a las dimensiones de la malla No. 4).	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	SW	Arenas bien graduadas, arena con grava, pocos finos o sin ellos	Amplia gama en tamaños de granos y cantidades substanciales de todos los tamaños intermedios de partículas	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin ellos	Predominantemente un tamaño o una gama de tamaños con algunos tamaños intermedios faltantes	
		Arenas con limos (con apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena-limo	Finos no plásticos o finos con poca plasticidad (para procedimientos de clasificación véase ML abajo)	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcilla.	Finos plásticos (para procedimientos de clasificación véase CL abajo)	
Suelos de grano fino. Más de la mitad del material es de menor tamaño que el de una malla No. 200. El tamaño de la malla No. 200 es más o menos el de la partícula más pequeña que puede verse a simple vista.	Limos y arcillas Límite líquido mayor de 50				Procedimientos de identificación para las fracciones que pasan la malla de No. 40	
					Resistencia seca (características a la trituración)	Abundamiento (reacción a la agitación)
						Firmeza (consistencia, cercana al L.P.)
			ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas arcillosas o limosas con poca plasticidad	Ninguna a ligera	Rápida a lenta
	Limos y arcillas Límite líquido mayor de 50		CL	Arcillas inorgánicas de baja a mediana plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras	Mediana a alta	Ninguna a muy lenta
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	Ligera a mediana	Lenta
			MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos de diatomeas o compuestos de micas	Ligera a mediana	Lenta a ninguna
Suelos altamente orgánicos			CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas	Alta a muy alta	Ninguna
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad mediana a alta, limos orgánicos	Mediana a alta	Ninguna a muy lenta
			Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	Fácilmente identificables por el color, olor, son esponjosos al tacto y, con frecuencia, tienen textura fibrosa	

Clasificación en los límites: Los suelos que poseen características de dos grupos se designan por la combinación de los símbolos del grupo. Adoptado por el Corps of Engineers y el Bureau of Reclamation. Enero, 1952.

Información necesaria para la descripción de suelos	Criterios de clasificación de laboratorio
6	7
<p>Para suelos inalterados se agrega información sobre la estratificación, grado de compactación, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje</p> <p>Dar el nombre típico; indicar los porcentajes aproximados de arena y grava, tamaño máximo; angularidad, condiciones de la superficie y dureza de los granos gruesos; nombre local o geológico y otra información descriptiva que sea pertinente; símbolo entre paréntesis</p> <p>Ejemplo: <i>Arena limosa, con grava; más o menos 20 por ciento dura, partículas de grava angulares de ½ pulgada de tamaño máximo; granos de arena redondeados y subangulares de gruesos a finos; más o menos 15 por ciento de finos no plásticos con poca resistencia secos; bien compactada y húmeda en el lugar; arena aluvial; (SM)</i></p>	<div data-bbox="790 392 869 1086" data-kind="parent" data-rs="6"> <p>Determinar los porcentajes de grava y arena a partir de la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción más pequeña que la medida de la malla No. 200) los suelos de granos gruesos se clasifican como sigue:</p> <p>GM, GP, SW, SP, GM, GC, SM, SC, <i>los límites que requieren el empleo de símbolos dobles</i></p> <p>Menos del 5 por ciento Más del 12 por ciento Del 5 por ciento al 12 por ciento</p> </div> <div data-bbox="997 347 1407 481"> $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ mayor que } 4$ $C_g = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$ </div> <div data-bbox="997 481 1407 548"> <p>No se cumplen todos los requerimientos de graduación para GM</p> </div> <div data-bbox="997 548 1197 638"> <p>Límites Atterberg abajo de la línea A o IP menor de 4</p> </div> <div data-bbox="1197 548 1407 728"> <p>Arriba de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos frontera que requieren usar un símbolo doble</p> </div> <div data-bbox="997 638 1197 728"> <p>Límites Atterberg arriba de la línea A con IP mayor de 7</p> </div> <div data-bbox="997 728 1407 884"> $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ mayor de } 6$ $C_g = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$ </div> <div data-bbox="997 884 1407 952"> <p>No se cumplen todos los requerimientos de la graduación para SW</p> </div> <div data-bbox="997 952 1197 1041"> <p>Límites Atterberg abajo de la línea A o IP menor de 4</p> </div> <div data-bbox="1197 952 1407 1153"> <p>Los límites trazados en la zona sombreada con IP entre 4 y 7 son casos frontera requieren usar un símbolo doble</p> </div> <div data-bbox="997 1041 1197 1131"> <p>Límites Atterberg arriba de la línea A con IP mayor de 7</p> </div>
<p>Dar nombre típico, indicar el grado y carácter de plasticidad, cantidad y tamaño máximo de los granos gruesos, color en condiciones húmedas, olor si tiene, nombre local o geológico y otra información descriptiva que sea pertinente; símbolo entre paréntesis</p> <p>Para suelos inalterados, se añade información sobre la estructura, estratificación, consistencia en estados inalterados y al recomodarlos, condiciones de humedad y drenaje</p> <p>Ejemplo: <i>Limo arcilloso, café, ligeramente plástico; pequeño porcentaje de arena fina, numerosos agujeros veticales de raíces, firme y seco en el sitio, loess, (ML)</i></p>	<div data-bbox="742 1310 774 1579" data-kind="parent" data-rs="2"> <p>Usar la curva granulométrica en la identificación de las fracciones conforme se dan bajo la identificación de campo</p> </div> <div data-bbox="774 1187 1396 1713"> <p>Comparación de los suelos a límite líquido igual La dureza y la resistencia en seco aumentan conforme aumenta el índice de plasticidad</p> </div> <div data-bbox="885 1747 1364 1803"> <p>GRÁFICA DE PLASTICIDAD CON EL LÍMITE LÍQUIDO Clasificación por laboratorio de suelos de grano fino</p> </div>
<p>Por ejemplo, GW-GC, mezcla de grava-arena bien graduada con arcilla como aglutinante. 2) Todos los tamaños de las mallas en este diagrama son estándar en Estados Unidos.</p>	

Tabla N° 15: Índice de plasticidad

IP	Descripción
0-3	No plástico
3.-15	Ligeramente Plástico
15.-30	Baja Permeabilidad
>30	Alta plasticidad

Fuente: (Sower, 1979)

A continuación, se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundido, AASHTO y ASTM:

Tabla N° 16: Correlación de los sistemas AASHTO y ASTM

Clasificación de Suelos AASHTO	Clasificación de Suelos ASTM
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

1.3.1.1.4.11 Permeabilidad del suelo

El ensayo de permeabilidad da como resultado el coeficiente de permeabilidad (K), en entendiéndose como permeabilidad a la propiedad del suelo para permitir el paso de flujo de agua por sus

vacíos por efecto de una carga hidrostática. Un suelo que puede ser permeable o impermeable refiriéndose impermeable generalmente a suelos muy finos como arcilla o limos.

Según Darcy el grado de permeabilidad está dado por:

$$V = K * i,$$

Donde:

V: velocidad de escurrimiento de un fluido

K: coeficiente de permeabilidad

i: gradiente hidráulico

En laboratorio existen métodos para determinar la permeabilidad tanto para suelos granulares (arenas) y para suelos finos (arcilla, limo), ensayos conocidos como nivel de agua constante y nivel de agua variable respectivamente.

http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/permeabilidad.pdf.

Existen métodos in situ para determinar la permeabilidad (K) de un suelo.

El método para el presente estudio de tesis por tratarse de un suelo fino, se aplicará el método de Lefranc, con nivel de agua variable el cual está basado en la norma ASTM D4631-95

$$K = \frac{d^2}{8 h t} \ln \frac{H_i}{H_f}$$

Donde:

K: coeficiente de permeabilidad

Hi, Hf: altura inicial y final del ensayo

t: tiempo transcurrido entre la lectura de Hi y Hf.

h: longitud de la zona filtrante

d: diámetro de la entubación

1.3.1.1.4.12 Requisitos de los materiales para pavimentación

Los requisitos que se deberán cumplir los materiales con fines de diseño de pavimentación están descritos en las tablas N° 17, 18, 19, 20, 21.

Tabla N°17: Requerimientos granulométricos para sub-base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A*	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	----	----
25 mm (1")	----	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N°4")	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (N°10")	15-40	20-45	25-50	40-70
4.25 µm (N°40")	8.-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N°200")	2.-8	5.-15	5.-15	8.-15

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.16

Tabla N°18: Requerimientos de calidad para sub-base granular

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		<3000msnm	≥3000mnsnm
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	50% máximo	
CBR de Laboratorio	NTP 339.145:1999	30-40% máximo*	
Limite Líquido	NTP 339.129:1999	25% máximo	
Índice de plasticidad	NTP 339.129:1999	6% máximo	4% máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25% mínimo	35% mínimo
Sales solubles Totales	NTP 339.152:2002	1% máximo	

* 30% para pavimentos rígidos y 40% para pavimentos flexibles.

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.17

Tabla N°19: Valor relativo de soporte, CBR NPT 339.145:1999

Vías Locales y Colectoras	Mínimo 80%
Vías Arteriales y Expresas	Mínimo 100%

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.12

Tabla N° 20: Requerimiento del agregado grueso de base granular

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		<3000msnm	≥3000msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E210-2000	80% mínimo	
Partícula con dos caras fracturadas	MTC E210-2000	40% mínimo	50% mínimo
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	40% máximo	
Sales solubles	NTP 339.152:2002	0.5% máximo	
Pérdida con sulfato de sodio	NTP 400.016:1999	----	12% máximo
Pérdida con sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	----	18% máximo

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.18

Tabla N° 21: Requerimiento del agregado fino de base granular

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		<3000msnm	≥3000msnm
Índice Plástico	NTP 339.129:1999	4% máximo	2% máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	35% mínimo	45% mínimo
Sales solubles	NTP 339.129:1999	0.5% máximo	
Índice de durabilidad	NTP 339.146:2000	35% mínimo	

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.18.

Según el C.E 010 Pavimentos urbanos, en lo que respecta a los pavimentos intertrabados (adoquines) de concreto hidráulico, estos materiales deberán cumplir con los requisitos indicados en las tablas N°22, 23,24 y 25.

Tabla N°22: Granulometría de la arena de cama ASTM C33

MALLA	% PASA
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm(N°4)	95-100
2,36mm(N°08)	85-100
1,18mm(N°16)	50-85
600um(N°30)	25-60
300um(N°50)	10-30.
150um(N°100)	02-10.
75um(N°200)	00-01.

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.22

Tabla N°23: Granulometría de la arena sello ASTM C144

MALLA	% PASA
4,75 mm(N°4)	100
2,36mm(N°08)	95-100
1,18mm(N°16)	70-100
600um(N°30)	40-75
300um(N°50)	20-40
150um(N°100)	10-25.
75um(N°200)	00-10.

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.22

Tabla N°24: Adoquines requisitos NPT 399.611:2003

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.22.

Tabla N°25: Adoquines requisitos NPT 399.611:2003

TIPO	ESPESOR (mm)	PROMEDIO(Mpa)	MINIMO *(Mpa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	28
	80	37	37
III	100	35	32
	≥80	55	60

Fuente: RNE Norma C.E.010 Pavimentos urbanos, pag.23.

De la misma manera se deberá extraer muestras de agregado fino y grueso para realizar un diseño de mezcla para cada resistencia de concreto deseado.

El diseño de mezclas es necesario conocer los materiales utilizados para la elaboración de las probetas de concreto y los parámetros hallados en la dosificación de mezclas. Todos estos parámetros están normados por el ASTM así como por las NTP (Normas Técnicas Peruanas).

1.3.1.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El presente estudio está orientado a determinar el caudal de diseño del drenaje pluvial, ante condiciones de precipitaciones pluviales extremas que inciden en mantener la estabilidad del pavimento, así mismo evitar su deterioro anticipado.

a. Análisis de Información Pluviométrica

Según (RNE-MVCS, 2006) Y SUS MODIFICACIONES, NORMA OS.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO en el Anexo 01 ítem 2.5 inciso b, menciona que de existir sólo información pluviométrica en la zona de estudio, se determinará la distribución de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas de dicha estación.

Aplicación de distribución de frecuencia

Según (MTC-14, 2011) Manual de hidrología, hidráulica y drenaje menciona que en el análisis de frecuencia tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

El procesamiento estadístico deberá realizarse mediante las distribuciones de frecuencia más usuales para obtener la distribución de mejor ajuste a los registros históricos, como son:

- Distribución Normal.
- Distribución LogNormal 2 Parámetros.
- Distribución LogNormal 3 Parámetros.
- Distribución Gamma 2 Parámetros.
- Distribución Gamma 3 Parámetros.
- Distribución Log Pearson III.
- Distribución Gumbel.
- Distribución LogGumbel.

Luego de realizar los cálculos estadísticos con las distribuciones probabilísticas anteriormente se deberá calcular las precipitaciones máximas de 24 horas usando software como Hidroesta.

Prueba de bondad de ajuste

(MTC-14, 2011), Para la aplicación del análisis estadístico para evaluar una serie de datos de una muestra elegida.

Por ello se requiere hallar la distribución teórica de mejor ajuste de nuestros datos históricos. Para tal fin se dispone de muchos métodos de ajuste de entre los más usados de pruebas de bondad de ajuste tenemos:

Prueba 2.

Prueba Kolmogorov – Smirnov.

Para fines del estudio se aplicará el Test de Kolmogorov – Smirnov, ya que es aplicable a todas las distribuciones teóricas que se analiza.

b. Período de retorno y vida útil de las estructuras de drenaje

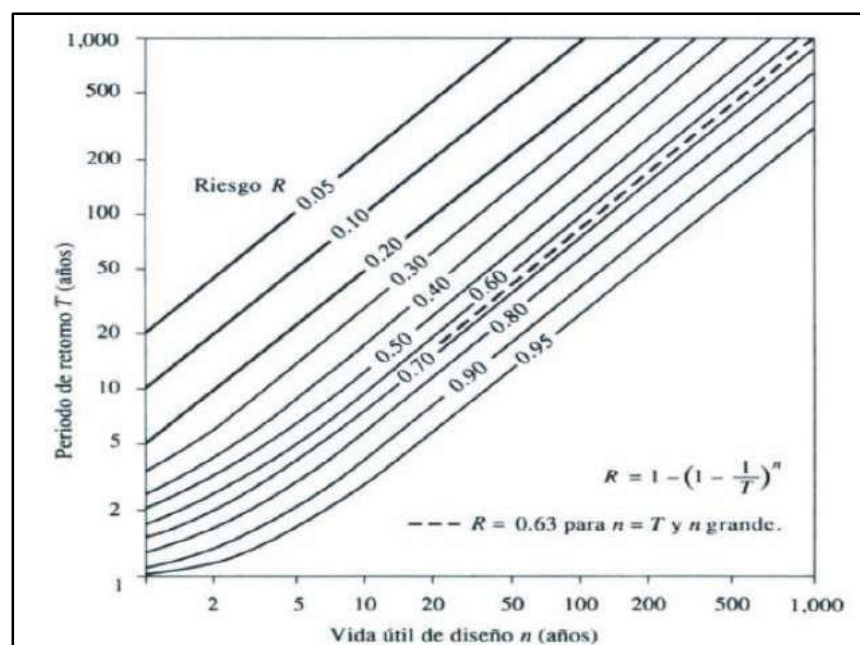
(MTC-14, 2011) Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, menciona que el periodo de retorno es el promedio de caudal máximo de una creciente en el cual es igualada o superada una vez cada cierto tiempo (**Tabla N°26**).

El riesgo de falla admisible en función del periodo de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R= 1-(1-1/T)^n$$

Si la obra tiene una vida útil de n años, la fórmula anterior permite calcular el periodo de retorno T, fijando el riesgo de falla admisible R, el cual es la probabilidad de ocurrencia de la máxima creciente estudiada, durante la vida útil de la obra. **Figura N° 03.**

Figura N° 03: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil



Fuente: (MTC-14, 2011) Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, pág.24.

En la **Tabla N° 26** se presenta el valor T para riesgos permisibles R y para la vida útil n de la obra.

Tabla N° 26: Valores de Periodo de Retorno T (años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

Fuente: (MTC-14, 2011), pág.24, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

De acuerdo a los valores presentados en la **Tabla N° 26**, se recomienda utilizar como máximo los siguientes valores de riesgos de obras de drenaje, **Tabla N°27**.

Tabla N° 27: Valores máximos recomendados de riesgos admisibles de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: (MTC-14, 2011) pág.25, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

Los períodos de recurrencia media, para el diseño de las obras de drenaje y protección, se ajustaron a los valores mínimos establecidos en la normatividad vigente (Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de Tránsito y el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje), y se detallan en la **Tabla N° 28**.

Tabla N° 28: Periodos de retorno para diseño de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	Período de Retorno (Tr) (años)
Puentes y pontones	100 (minimo)
Alcantarillas de paso y baden	50
Alcantarillas de alivio	10.-20.
drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	10

Fuente: (MTC, 2008): Manual para el diseño de carreteras Pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Según (RNE-MVCS, 2006) Y SUS MODIFICACIONES NORMA OS 060 Drenaje Pluvial Urbano, en el ítem 2.4 inciso a) menciona lo siguiente:

El sistema menor de drenaje deberá ser diseñado para un periodo de retorno entre 2 y 10 años. El periodo de retorno está en función de la importancia económica de la urbanización, correspondiendo 2 años a pueblos pequeños.

c. Determinación de la intensidad de lluvia

Según (RNE-MVCS, 2006) y sus modificaciones norma OS.060 drenaje pluvial urbano en el cual hace referencia lo siguiente:

Que la intensidad de lluvia de diseño de un determinado punto del proyecto de drenaje es el promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena en ese punto, es decir igual al tiempo que se tarda la última gota en drenarse del punto más lejano de la cuenca hasta el punto de salida.

La ruta de flujo del sistema de drenaje está constituida por:

La ruta de flujo desde el punto más remoto hasta el ingreso a los ductos de drenaje o canalizaciones.

Ruta donde el flujo fluye dentro del sistema de ductos o canalizaciones hasta el punto de interés.

De acuerdo al párrafo anterior el tiempo de concentración a lo largo de una ruta de drenaje hasta el punto de interés (t_c) es:

$$T_c = T_o + T_f$$

Donde:

T_o : tiempo de concentración y puede estimarse mediante observaciones experimentales o usando tablas.

T_f : tiempo de flujo y está dado por la ecuación:

$$t_f = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i}$$

Donde:

L_i = Longitud del i -ésimo conducción (ducto o canal) a lo largo de la trayectoria del flujo

V_i = Velocidad del flujo en el ducto o canalización

En ningún caso el tiempo de concentración T_c deberá ser menor a 10 minutos.

En cualquier punto de ingreso al sistema de ductos y canalizaciones, al menos una ruta sólo tiene tiempo de ingreso al sistema de ductos, T_o . Si hay otras rutas estas tienen los dos tipos de tiempos T_o y T_f .

Así mismo (MTC-14, 2011) Manual de hidrología hidráulica y drenaje en la página 37, hace referencia que en casos donde no exista registros pluviográficos, intensidades máximas se calcularán utilizando la metodología de Dyck Peschke (Guevara 1991), Este método permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente.

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

P_d = Precipitación total (mm)

d = Duración en (min.)

P_{24h} = Precipitación máxima en 24 horas (mm).

La intensidad se halla dividiendo la precipitación P_d entre la duración.

d. Área de cuenca urbana

(RNE-MVCS, 2006) y sus modificaciones Norma OS.060 drenaje pluvial urbano al respecto menciona que para proyectos referente a sistemas de drenajes es necesario determinar el tamaño y forma de la cuenca o sub cuenca utilizando para ello planos topográficos actualizados con

intervalos entre curvas de nivel adecuados para distinguir de manera confiable la dirección del flujo superficial.

Deberán realizarse mediciones en las áreas que tiene influencia en el sistema de drenaje a diseñar, así mismo deberán medirse las sub áreas de drenaje que contribuyan al sistema de drenaje para su evacuación.

1.3.1.3 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS Y GEOMÉTRICAS DEL DRENAJE SUPERFICIAL

1.3.1.3.1 Determinación del caudal

La estimación de los caudales máximos de diseño fue desarrollada utilizando el Método Racional aplicable para cuencas pequeñas (< 13 Km²), ampliamente usado en diseños de drenaje de carreteras como en zonas urbanas, este método considera el caudal máximo en un determinado punto, el cual se alcanza cuando el área tributaria está aportando la escorrentía durante un periodo de precipitación máxima. (RNE-MVCS, 2006), Norma OS.060

Para estimar caudales máximos a través de este método, se considera que la lluvia máxima cae con una intensidad uniforme en toda la cuenca y que el valor del coeficiente de escorrentía representa toda el área de la cuenca. (BOTERO HERNANDEZ, 2016)

El método racional permitirá estimar la descarga de diseño para las canaletas cuya función será evacuar las descargas provenientes de precipitaciones pluviales que caen sobre el pavimento.

(RNE-MVCS, 2006), La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m³/s)

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km²)

Coeficiente de escorrentía

A continuación, en la **Tabla N° 29 y 30**, se presenta los coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas para 2 y 500 años de periodo de retorno.

Tabla N°29: Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas para 2 y 500 años de período de retorno

<i>Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el Método Racional</i>							
CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
AREAS NO DESARROLLADAS							

Área de Cultivos							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente Superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: (RNE-MVCS, 2006) Norma OS.060 drenaje pluvial urbano.

Tabla N°30: Coeficientes de escorrentía en áreas no desarrolladas en función al tipo de suelo

Topografía y Vegetación	Tipo de Suelo		
	Tierra Arenosa	Limo arcilloso	Arcilla Pesada
Bosques			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Pronunciado	0.30	0.50	0.60
Pradera			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Pronunciado	0.22	0.42	0.60
Terrenos de Cultivo			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Pronunciado	0.52	0.72	0.82

Nota:

Plano	(0 - 5%)	Pendiente
Ondulado	(5 - 10%)	Pendiente
Pronunciado	>10%	Pendiente

Fuente: (RNE-MVCS, 2006) Norma OS.060, drenaje pluvial urbano.

1.3.1.3.2 Diseño hidráulico del drenaje superficial

En presente estudio se tratará acerca del diseño integral de las cunetas, con la finalidad de recibir, transportar y evacuar el agua proveniente de la precipitación pluvial directa de la calzada y acera.

Asimismo, comprende determinar las características hidráulicas del flujo, es decir velocidad media, área hidráulica, línea de energía, tirante de agua, tipo de flujo, etc., y el dimensionamiento de tal manera que cumpla hidráulicamente con drenar el flujo esperado producto de las precipitaciones.

Pendiente (So%)

(RNE-MVCS, 2006), Norma OS.060 Drenaje pluvial urbano, menciona en la sección hidráulica e hidrología que las pendientes del drenaje a considerar son:

Pendiente Longitudinal (Sl) > 0,5%.

Pendiente Transversal (St) de 2% a 4%.

Velocidad (m/s)

(RNE-MVCS, 2006), Norma OS.060 Drenaje pluvial urbano, la velocidad mínima no debe ser inferior a 0.9m/s, no se debe reducir valor inferior de tal manera de evitar la sedimentación de partículas que acarrea las precipitaciones, así mismo las velocidades máximas varían de acuerdo a la calidad del concreto del sistema de drenaje, esta varía entre 2 y 5 m/s.

Coeficiente de Rugosidad (n)

La presente **tabla N°31**, muestra los valores del coeficiente de rugosidad de manning para diferentes acabados de cunetas, calles y bermas.

Tabla N°31: Coeficiente de rugosidad

Cunetas de las Calles	Coefficiente de Rugosidad
	<i>N</i>
a. Cuneta de Concreto con acabado paleteado	0,012
b. Pavimento Asfáltico	
1) Textura Lisa	0,013
2) Textura Rugosa	0,016
c. Cuneta de concreto con Pavimento Asfáltico	
1) Liso	0,013
2) Rugoso	0,015
d. Pavimento de Concreto	
1) Acabado con llano de Madera	0,014
2) Acabado escobillado	0,016
e. Ladrillo	0,016
f. Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores arriba indicados de n, en:	0,002

Fuente: (RNE-MVCS, 2006) Norma OS 060 drenaje pluvial urbano

(BOTERO HERNANDEZ, 2016), La capacidad hidráulica de las cunetas se establece mediante la ecuación de Manning, ya que se conocen los datos de la sección transversal, la pendiente y el material en el cual serán construidas.

A partir del coeficiente de escorrentía y la intensidad de la lluvia, calculados en el estudio hidrológico para el tramo en estudio, es posible igualar la ecuación de Manning y el método racional, ya que ésta es la manera de relacionar la capacidad hidráulica de las cunetas con el área y máxima longitud de las intercuenca, obteniendo la relación siguiente relación:

$$\frac{A_{cuneta} * R h^{2/3} * S o^{1/2}}{n} = c * i * A_{Tributaria}$$

Donde:

A_{cuneta} : Area hidraulica de la cuneta

R: Radio hidraulico

h: tirante hidraulico

So: pendiente

n: coeficiente de rugosidad de maning

c: coeficiente de escorrentia

i: intensidad de precipitación

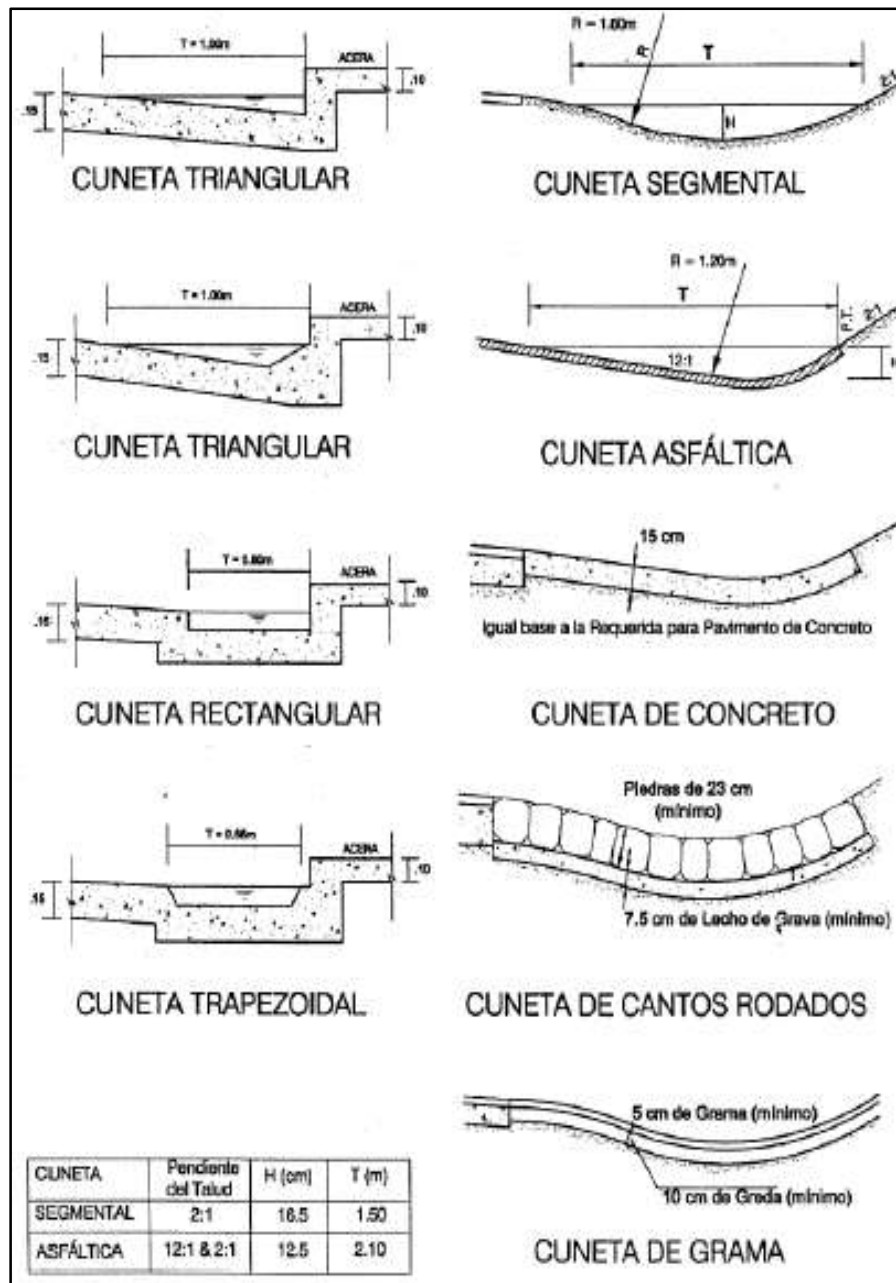
A_t : Area tributaria

1.3.1.3.3 Diseño geométrico del drenaje superficial

(RNE-MVCS, 2006) Norma OS.060 drenaje pluvial urbano, la cantidad de aguas pluviales que fluyen sobre las veredas y pavimentos se evacuará por medio de estructuras drenaje denominadas cunetas, para conducir el flujo hacia las cotas más bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirla hacia las alcantarillas pluviales de la ciudad.

Las cunetas construidas para este fin podrán tener las siguientes secciones transversales (**Ver Figura N°04**).

Figura N° 04: Secciones transversales de cunetas



Fuente: (RNE-MVCS, 2006) Norma OS 060 drenes pluviales urbanos.

(RNE-MVCS, 2006), la sección transversal de las cunetas para evacuación de aguas pluviales generalmente tiene una sección de triángulo rectángulo con el sardinel formando el lado vertical del triángulo. La hipotenusa puede ser parte de la pendiente recta desde la corona del pavimento.

La **Figura N° 05** muestra las características de tres tipos de cuneta de sección triangular y las ecuaciones que gobiernan el caudal que por ellas discurre, utilizando la ecuación de Manning.

Donde:

Q = caudal en l/s

n = coeficiente de rugosidad de manning

S = pendiente longitudinal del canal

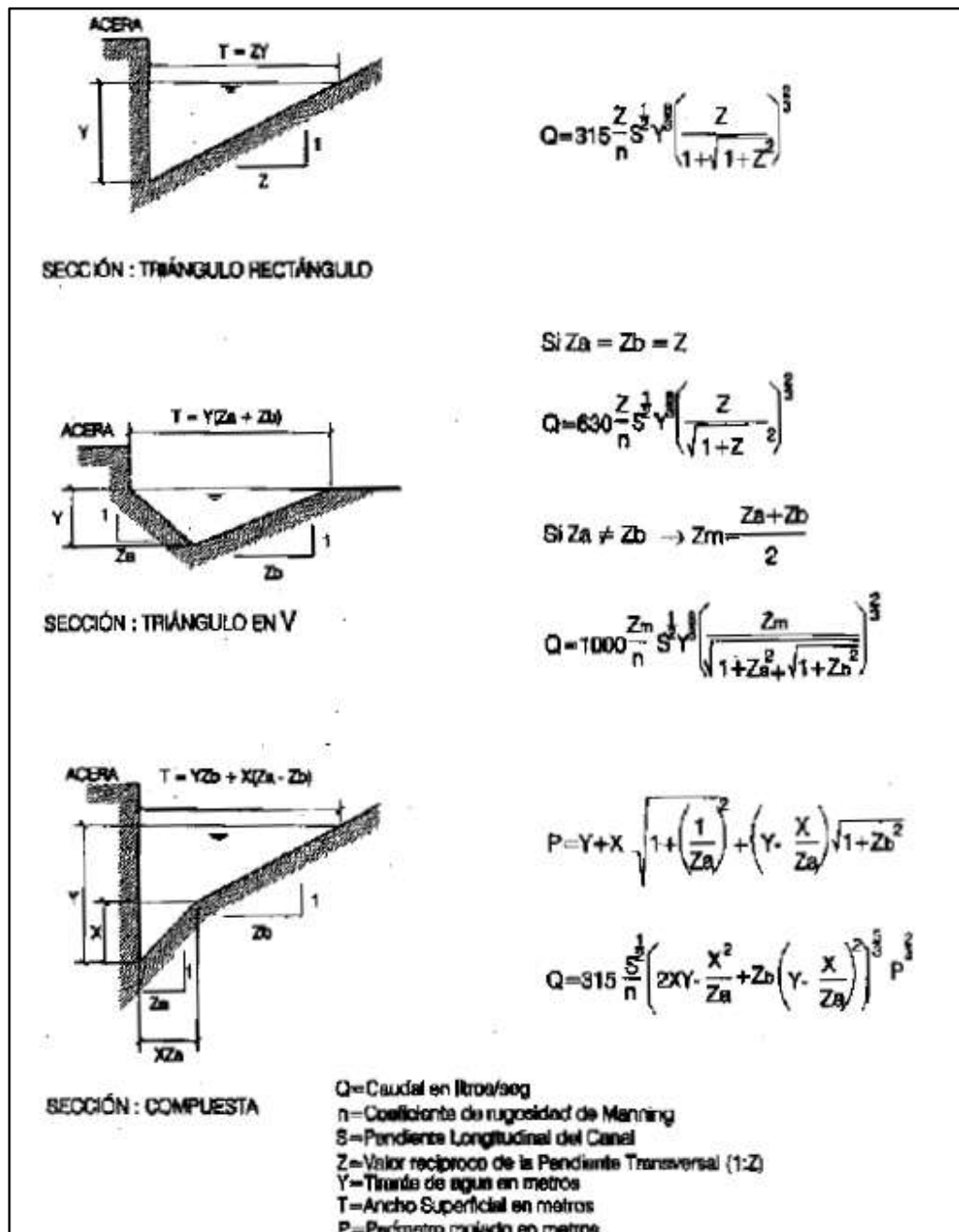
Z = valor reciproco de pendiente transversal (1: Z)

Y = tirante de agua en metros

T = Ancho superficial en metros

P = perímetro mojado en metros.

Figura N°05: Ecuación de Manning en la determinación de caudales en cunetas triangulares



Fuente: (RNE-MVCS, 2006) Norma OS. 060 drenaje pluvial urbano

1.3.1.4 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA

1.3.1.4.1 Normas técnicas para el diseño geométrico

El Diseño Geométrico, se ha efectuado de conformidad a las normas vigentes: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI, difundido por el Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG), Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, aprobado por D.S. N° 011-2006-VIVIENDA y sus modificaciones, el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018, aprobado con resolución directoral N° 03-2018-MTC/14.

1.3.1.4.2 Parámetros de diseño geométrico de la vía

El diseño geométrico de la vía en infraestructuras urbanas deberá considerarse la topografía actual del terreno y las edificaciones existentes, en lo que corresponde a la arquitectura del proyecto se ha considerado dos secciones de vía debido a las edificaciones existentes que a menudo no permite mantener la misma sección a lo largo del proyecto.

En lo que respecta al perfil longitudinal, la rasante del pavimento deberá mantener la homogeneidad del relieve natural del terreno teniendo presente las cotas de las veredas y los pisos de las viviendas de tal manera de buscar la rasante promedio que garantice que las viviendas no queden en cotas muy inferiores a la vereda y viceversa.

(DANE, 2014), el diseño geométrico de vías urbanas es un complejo campo de acción para los actuales profesionales de este campo, puesto que demanda tener en cuenta no sólo los factores propios matemáticos del diseño, sino también el impacto social y ambiental que el diseño pueda generar mediante la alteración del espacio público. El objeto del diseño de un proyecto de infraestructura vial y urbana es mejorar el entorno y las condiciones de circulación vehicular de acuerdo a las necesidades viales proyectadas. El uso de herramientas que existen hoy en la actualidad y que son de mucha ayuda para los profesionales de este campo tal como los programas informáticos representa una gran ventaja, sin embargo es necesario que el diseñador cuente con una recopilación de todos los aspectos e información necesaria para

desarrollar un diseño integral y viable permitiéndole al diseñador tomar cada caso de forma particular y no general.

a. Clasificación de las vías urbanas

(DANE, 2014), (ICG, 2005), mencionan que la clasificación de vías considera cuatro categorías principales: **Vías expresas, arteriales, colectoras y locales**. Así mismo existe una categoría adicional denominada “**vías especiales**” aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales.

La clasificación de una vía, por el desempeño y funcionalidad que se espera, implica parámetros relevantes para el diseño como son:

- Velocidad de diseño.

- Características básicas del flujo que transitará por ellas.

- Control de accesos y relaciones con otras vías.

- Número de carriles.

- Servicio a la propiedad adyacente.

- Compatibilidad con el transporte público.

- Facilidades para el estacionamiento y la carga y descarga de mercaderías.

Las vías especiales: son todos aquellos tipos de vías cuyas características no se ajustan a la clasificación en la **Tabla N°32**, se puede mencionar los siguientes tipos:

- Vías peatonales de acceso a frentes de lote

- Pasajes peatonales

- Malecones

- Paseos

- Vías que forman parte de parques, plazas o plazuelas

- Ciclovías.

(<http://ingenierodetransportes.blogspot.com/2016/08>, 2016)

En la **Tabla N°32** se presenta resumidamente las categorías principales y los parámetros de diseño antes mencionados.

Tabla N° 32: Parámetros de Diseño Vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías.	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Control de Accesos y Relación con otras vías	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares.	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existan volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable.	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
Número de carriles	Bitrireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bitrireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bitrireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bitrireccionales: 1 carril/sentido
Servicio a propiedades adyacentes	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
Servicio de Transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se desarrolla generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.

Fuente: (DANE, 2014) Avance físico de obras civiles pág.23 (AFOC), el cual fue tomado del manual de vías urbanas Invías.

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia. Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI

b. Parámetros básicos para el diseño

Velocidad de directriz

(ICG, 2005) Para las vías expresas bastan generalmente velocidades específicas de 80 km/hora, y para arterias principales, 60 km/hora.

Para vías colectoras son admisibles velocidades específicas hasta de 40 km/hora y para las locales de 30 a 40 km/hora.

Ancho de vía

Según (ICG, 2005), El ancho recomendable para los carriles de una vía dependerá principalmente de la clasificación de la misma y de la velocidad de diseño adoptada, sin embargo no siempre será posible que los diseños se efectúen según las condiciones ideales. El proyectista podrá justificar el empleo de valores excepcionales atendiendo aspectos sociales, económicos, físicos, geográficos e inclusive institucionales. Dependiendo de la velocidad de diseño y de la clasificación vial, el ancho de los carriles, en tramos rectos, puede asumir los valores indicados en la **Tabla N°33**.

Tabla N°33: Ancho de carriles urbanos recomendables

Clasificación de vías		Velocidad (KM/Hr)	Ancho recomendable (m)	Ancho mínimo de carril en pista normal (m) (2,3)	Ancho mínimo de carril único del típico solo Bus(m)	Ancho de dos carriles juntos (m) (5).
	Local	30 a 40	3.00	2.75	3.50 (4)	6.50
	Colectora	40 a 50	3.30	3.00	3.50 (4)	6.50
		50 a 60	3.30	3.25	3.50	6.75
Arterial		60 a 70	3.50	3.25	3.75	6.75
		70 a 80	3.50	3.50	3.75	7.00
Expresas		80 a 90	3.60	3.50	3.75	7.25
		90 a 100	3.60	3.50	no aplicable	no aplicable

Fuente: (ICG, 2005), MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS-2005-VCHI.

1. Los anchos indicados son válidos solo en tramos rectos. Para zonas de curva ver la Sección relativa a diseño de curvas horizontales del presente manual.
2. El uso de los anchos mínimos exige trazados con clotoides para velocidades iguales o Mayores a 50 km/h.

3. Si el porcentaje de vehículos pesados excede el 10% entonces el mínimo para $V < 70 \text{ Km/h}$ es 3.25 m y para $V \geq 70 \text{ Km/h}$ es 3.50 m.
4. Si el carril es único, como por ejemplo para el caso de accesos o salidas, entonces deberá adicionarse dos (2) metros al ancho mínimo.
5. Si dos carriles juntos han de ser de distinto sentido – no recomendable- el mínimo ancho para las dos vías será el doble del mínimo ancho para los carriles solo bus.

Bombeo

El drenaje de un pavimento depende principalmente de la pendiente transversal o bombeo, con la finalidad de evacuar el flujo de agua producto de las precipitaciones pluviales hacia el drenaje proyectado, lo cual evitará almacenamiento de las aguas en la calzada que impidan el tránsito normal, deterioro del pavimento y que generen proliferación de insectos afectando la salud de la población, se recomienda usar valores indicados en la **Tabla N°34**.

Tabla N°34: Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo %	
	Precipitación < 500mm/año	Precipitación > 500mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto portland	2	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

(DIRECCION GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES-MTC, 2018)
MANUAL DE CARRETERAS: DG-2018.

Pendiente de vía

Según (MTC, DG -, 2018), la pendiente longitudinal mínima debe ser 0.50% a fin de asegurar en todo punto de la calzada su respectivo drenaje de agua superficiales, así mismo menciona que si el bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, la pendiente mínima puede

ser excepcionalmente 0.2%, y si el bombeo de 2.5% en ese caso excepcionalmente la pendiente podrá ser igual a cero.

Así mismo (MTC, DG -, 2018), la pendiente máxima según la tabla 303.01 de la página 171 de este manual es de 9%, para una demanda de 2,000-400 veh. /día, con una velocidad directriz de 40km/h.

Sección transversal de vía.

(MTC, DG -, 2018), el diseño geométrico de la sección transversal consiste en definir los elementos de una carretera o vía, mediante un corte vertical perpendicular al alineamiento horizontal.

Los elementos de una sección transversal son: carriles, superficie de rodadura, bermas, aceras, cunetas y elementos complementarios

1.3.1.5 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.

(MTC, 2014) Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, seccion suelos y pavimentos, define al pavimento como una estructura conformada por varias capas sobre la subrasante, para resistir y distribuir las cargas transmitidas por el flujo vehicular que permitan seguridad y comodidad al transporte, por lo general esta las capas que lo conforman son: sub base, base y capa de rodadura.

Capa de rodadura: es la capa superior de la estructura del pavimento, puede ser de tipo bituminoso (flexible), de concreto (rígido) o articulado (adoquines), su función es sostener directamente los esfuerzos producidos por el tránsito.

Base: capa inferior de la capa de rodadura conformada con material granular drenante $CBR \geq 80\%$, su función es sostener, distribuir y transmitir las cargas a la sub base, la base puede ser tratada con cal, asfalto o cemento.

Sub base: es la capa que soporta la base y capa de rodadura, se usa como capa de drenaje y para controlar los esfuerzos de capilaridad del agua, esta

capa debe tener un CBR $\geq 40\%$, dependiendo del tipo de diseño y dimensionamiento esta capa puede obviarse.

Pavimento rígido o de concreto

(MTC, 2014), el pavimento rígido es una estructura compuesta por dos capas, una capa sub base, esta puede ser de material granular (afirmado).

Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías definidas:

- Pavimento de concreto simple con juntas.
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras ó mallas.
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

a. Pavimentos de concreto simple

a.1) Sin pasadores: son losas de concreto que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Para que la transferencia de carga entre losas sea efectiva, es necesario que en el diseño se contemple espaciamientos cortos entre juntas. Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho (ROBERT REYNER, 2017).

a.2) Con pasadores: Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos) (ROBERT REYNER, 2017).

b. Pavimentos de concreto reforzado con juntas

Los pavimentos reforzados con juntas cuentan además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electro soldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural. (ROBERT REYNER, 2017).

c. Pavimentos de concreto con refuerzo continuo

Si bien el acero en este pavimento no aumenta la capacidad portante de la estructura si permite aumentar el espaciamiento entre losas aproximadamente entre 9.00 m y 30.00 m, la finalidad del acero es sostener firmemente juntas las grietas transversales que se desarrollan en la losa.

La cantidad de acero de la losa depende de la longitud del espaciamiento entre juntas a mayor espaciamiento mayor acero y viceversa. (VEGA PERRIGO , 2018).

1.3.1.5.1 Normas técnicas para el diseño del pavimento rígido

Las normas técnicas de diseño aplicadas para el presente estudio son:

- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica C.E 010 Pavimentos Urbanos-2010, del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - vigente.
- Manual de carreteras, geología, geotecnia, suelos y pavimentos -2014, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones-vigente.

1.3.1.5.2 Metodología de diseño de pavimento rígido.

Según (MVCS NT.CE.010, 2010) existen varios métodos para diseñar pavimentos pero los más empleados en el Perú son el método del Instituto del Asfalto AASTHO 93 y de la PCA.

Método AASTHO 93 para espesor en pavimentos rígidos

La presente metodología está basada en el Manual “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” (1993) del cual se extrajeron tablas, nomogramas los que se harán referencia en la presente tesis.

(MTC, 2014), manual de carreteras, geología, geotecnia, suelos y pavimentos, se estima que para pavimentos nuevos el nivel de servicio es alto, sin embargo, a medida que avanza el tiempo y con él las repeticiones de carga del tránsito el nivel de servicio baja, el método impone un nivel de servicialidad final que debe mantenerse durante la vida útil del proyecto.

Esta metodología mediante un proceso interactivo asume espesores de la losa de concreto hasta llegar al equilibrio la ecuación Aastho 1993, este espesor calculado debe soportar el número de repeticiones sin sufrir deterioro, de la misma manera no deberá tener un nivel de servicialidad inferior al estimado.

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \log_{10}\left[\frac{MR \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right]$$

Donde:

- D = Espesor de la losa del pavimento en (in)
- W18 = Tráfico (Número de ESAL's)
- Zr = Desviación Estándar Normal
- So = Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
- ΔPSI = Diferencia de Servicialidad (Po-Pt)
- Po = Servicialidad Inicial
- Pt = Servicialidad Final
- Mr = Módulo de Rotura del concreto en (Mpa).
- Cd = Coeficiente de Drenaje
- J = Coeficiente de Transferencia de Carga
- Ec = Módulo de Elasticidad de concreto
- K = Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (Psi/pulg).

Los parámetros que intervienen en el diseño de pavimento rígido según esta metodología es la siguiente:

Periodo de diseño

El periodo de diseño para un pavimento rígido según el manual al cual se hace referencia es de 20 años. **Tabla N°35.**

Tabla N° 35: Periodo de análisis

PERIODO DE ANÁLISIS	
CLASIFICACIÓN DE LA VIA	PERÍODO DE ANÁLISIS (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10. - 20

Fuente: *Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

El tránsito ESAL's

Esta metodología Aastho 93, tiene la particularidad de simplificar la carga del tránsito insertando el concepto de ejes equivalentes o ejes sencillos (Esal's), la cual convierte cualquier eje de carga de cualquier tipo de vehículo en ejes simples equivalentes de 8.20tn de carga, el procedimiento de cálculo a ejes equivalentes se describe en el ítem 1.3.2d.

Servicialidad

Es un parámetro que usa el método Aastho 93 para medir la capacidad de servir el tránsito que circula, se magnifica con valores de 0 a 5, donde 0 es una indicación de que el pavimento es intransitable, mientras que 5 indica que el pavimento esta excelente. El método necesita valores de servicialidad inicial (p_i) y valores de servicialidad final (p_t), en la ecuación se ingresa la diferencia de ambos ($p_t - p_i$).

Como el índice de servicialidad final de un pavimento es el valor más bajo de deterioro a que puede llegar el mismo, se sugiere que para carreteras de primer orden (de mayor tránsito) este valor sea de 2.5 y para vías menos importantes sea de 2.0; para el valor del índice de servicialidad inicial la AASTHO llegó a un valor de 4.5 para pavimentos de concreto y 4.2 para pavimentos de asfalto.

La confiabilidad (R) y la desviación estándar (So)

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación, también se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor criterio.

La desviación estándar recomendado por la Aastho está en el rango de $0.30 < So < 0.40$, este documento de consulta recomienda 0.35.

Suelo y efecto de las capas de apoyo (Kc)

El parámetro que determina el tipo de subrasante es el módulo de reacción de la sub rasante (K), así también se incluye un mejoramiento en la capacidad de soporte de la subrasante incluyendo capas granulares donde se apoyará losa de concreto, esta mejora incidirá en disminuir el espesor de la losa calculado, la mejora de las capas intermedias de la estructura de pavimento se introduce en el módulo de reacción combinado Kc.

En el presente manual de consulta considera correlaciones que permite calcular el valor de K de manera directa en función al CBR y la clasificación de suelos. **(Figura N° 06).**

Para sub rasantes con CBR mayores o iguales 6% son aptos para el diseño de pavimentos, en caso de CBR menores a 6%, se deberá realizar mejoramiento de la subrasante teniendo en cuenta el análisis técnico económica, existen diversas alternativas de solución como estabilización del suelo mediante geo sintéticos, estabilización química elevar la rasante de la vía, desviar el trazo.

El **Tabla N°36** se aprecia los valores de CBR recomendados para sub bases granulares en pavimentos rígidos.

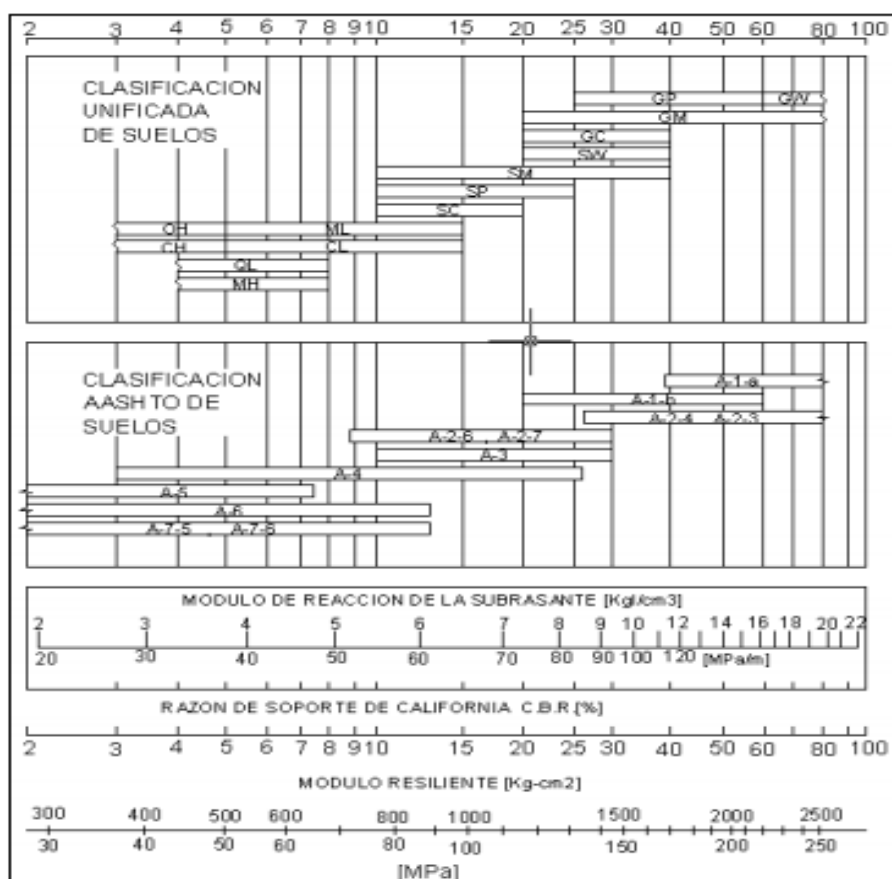
Tabla N°36: CBR mínimos recomendados para sub base granular de pavimento rígido según intensidad de tráfico expresado en EE

CBR MINIMOS RECOMENDADOS PARA SUB BASE GRANULAR DE PAVIMENTOS RIGIDOS		
Para tráfico $\leq 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40 %
Para tráfico $> 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60 %

Referidas al 100% de máxima densidad seca y una penetración de carga .1"(2.5mm).

Fuente: manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos del MTC

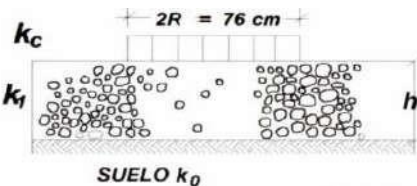
Figura N° 06: Correlación Cbr y módulo de reacción de la subrasante



Fuente: (MTC, 2014) Pag.230, manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos.

La presencia de una sub base o base granular de mejor capacidad de soporte que la sub rasante incrementa el coeficiente de reacción del suelo, para ello el método Aastho emplea la ecuación (**Figura N° 07**):

Figura N°07: Módulo de reacción combinado de la sub rasante (Kc)



$$K_c = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$$

Fuente: manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos del MTC.

Donde:

K1 (kg/cm³): Coeficiente de reacción de la sub base granular

Kc (kg/cm³): Coeficiente de reacción combinado.

Ko (kg/cm³): Coeficiente de reacción de la subrasante.

h: espesor de la base granular.

Resistencia a la flexo tracción del concreto (MR)

Aastho introduce este parámetro debido que los pavimentos principalmente trabajan a flexión, el MR está normalizado mediante el ASTM C-78, para el caso de pavimentos se usa la **Tabla N°28**.

El módulo de rotura del concreto se correlaciona con el módulo de compresión del concreto, mediante la siguiente ecuación:

$f_t = \sqrt{a f_c}$ (kg/cm²), según ACI 363, donde los valores de “a” varían entre 1.99 y 3.18.

Tabla N°37: Valores recomendados del concreto, según tráfico

Rangos de tráfico pesado en EE	Resistencia mínima a la Flexo tracción del concreto (MR)	Resistencia mínima equivalente a la Compresión del concreto (F'c)
<= 5'000,000 EE	40kg/cm3	210kg/cm3
> 5'000,000 EE	42kg/cm3	300kg/cm3
<=15'000,000 EE		
> 15'000,000 EE	45kg/cm3	350kg/cm3

Fuente: (MTC, 2014) pág. 231 manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos del MTC.

Módulo elástico del concreto

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación entre tensión unitaria y la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo, en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del módulo de ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

$$E_c = 57,000 \sqrt{f'_c} \quad (f'_c \text{ en PSI})$$

Coeficiente de drenaje (cd)

El sistema de drenaje adoptado para esta Vía, estará orientado básicamente a la evacuación rápida de las aguas superficiales, considerándose que tendrá un drenaje bueno para el caso del presente estudio de investigación. La metodología Aastho 93 incorpora el coeficiente de drenaje (Cd) para considerarlo en el diseño.

Para la elección del coeficiente de drenaje primero se selecciona el tipo de material como drenaje de acuerdo a su granulometría (**Tabla**

N°29), luego se calcula el coeficiente de drenaje (cd) relacionándolo con el grado de exposición del pavimento a niveles de humedad próximos a la saturación (**Tabla N°38**).

Tabla N°38: Condiciones de drenaje

Calidad del drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy pobre	el agua no evacua	Mucho más de 10 horas

Fuente: (MTC, 2014) pág.232, Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos del MTC.

Tabla N°39: Coeficientes de drenaje de las capas granulares Cd

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: (MTC, 2014) pág.233 Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos del MTC.

Transferencia de carga (J)

Es la capacidad que tiene la losa de transmitir fuerzas cortantes a las losas adyacentes, lo que repercute en minimizar las deformaciones y los esfuerzos en las estructuras del pavimento, mientras mejor sea la transferencia de carga mejor será el comportamiento de las losas.

Sus valores dependen del tipo de pavimento, de la existencia o no de berma lateral, de la existencia o no de dispositivos de transmisión de carga. La AASTHO recomienda valores en la **Tabla N°40**.

Tabla N°40: Valores de coeficiente de transmisión de carga J

	ASFALTO		CONCRETO HIDRAULICO	
	SI	NO	SI	NO
Dispositivo de transferencia de Carga				
TIPO DE PAVIMENTO				
Simple con juntas y Reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
CRCP (Pavimento de Concreto Continuamente Reforzado)	2.9 - 3.2	N/A	2.3-2.9	N/A

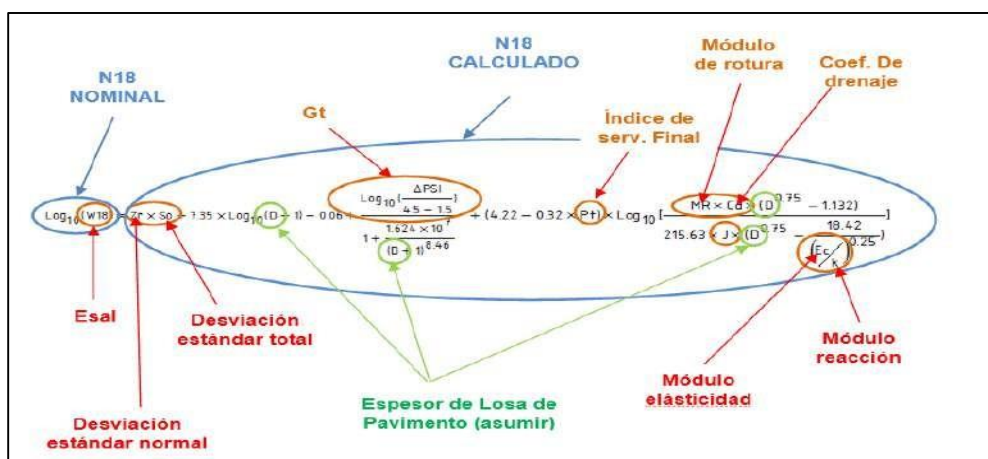
Fuente: Aastho, Guide for desing of pavement structures 1993

1.3.1.5.3 Cálculo de espesor de pavimento rígido

Esta metodología mediante un proceso interactivo asume espesores de la losa de concreto hasta llegar al equilibrio de la ecuación Aastho 1993 (**Figura N°08**), este espesor calculado debe soportar el número de repeticiones sin sufrir deterioro, de la misma manera no deberá tener un nivel de servicialidad inferior al estimado.

Para calcular el módulo de reacción efectivo de la subrasante se asume un espesor de sub base, lo que da como resultado un espesor de la losa de concreto. Para intentar disminuir el espesor de la losa se puede aumentar el espesor de la sub base, con lo que cambiaría el módulo de reacción efectivo, pero todos los demás parámetros se mantendrían constantes.

Figura N°08: Esquema de la ecuación para calcular espesor de losa



1.3.1.5.4 Pavimentos especiales

Se denomina pavimentos especiales a las estructuras aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías que forman parte complementaria de un proyecto de infraestructura vial y urbana, para el diseño de estos pavimentos se debe cumplir con los requisitos en la **Tabla N°41**.

Tabla N°41: Requisitos para diseño de pavimentos especiales

Tipo de elemento		Aceras o veredas	Pasajes peatonales	Ciclovías
Elemento				
Sub rasante		95% de compactación: Suelos granulares-proctor modificado Suelos cohesivos - Proctor estándar		
		Espesor compactado ≥150mm		
Base		CBR ≥ 30%	CBR ≥ 60%	
Espeso de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30mm		
	Concreto de cemento Portland	≥ 100mm		
	Adoquines	≥ 40mm (se deberán apoyar sobre una cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40mm)		
Material	Asfáltico	Concreto asfaltico *		
	Concreto de cemento Portland	f'c ≥ 17,5Mpa (175kg/cm2)		
	Adoquines	f'c ≥ 32Mpa (320kg/cm2)		N.R. **

NR**: No recomendable

Fuente: (RNE-MVCS, 2006), Norma OS.010 Pavimentos Urbanos

1.3.1.5.5 Pavimentos articulados

Según (CAICEDO QUINAYÁS, 2016), menciona a los pavimentos articulados como solución al uso de los pavimentos tradicionales flexibles como rígidos que son antieconómicos en algunos tipos de pavimentos como calles, urbanizaciones, parqueaderos, etc. Además de ello la instalación no requiere de equipos especiales y su mantenimiento es muy económico.

Elementos de un pavimento articulado con adoquines. (CAICEDO QUINAYÁS, 2016).

- a. Sub rasante:** es el suelo que soporta la estructura del pavimento, de acuerdo a la capacidad de soporte de este depende en gran parte el espesor del pavimento.
- b. Sub base:** su función principal de esta capa es soportar las cargas de los vehículos transmitidos a través de las capas superiores del pavimento y transmitirlos a la subrasante.
- c. Base:** su función principal es recibir y soportar la mayor parte de los esfuerzos de las cargas producidas por el flujo vehicular, sobre esta capa se coloca la capa de rodadura, esta capa necesita además de la compactación que es muy importante, la estabilización de ser necesario para recibir la carga vehicular sin deformarse así mismo transmitir los esfuerzos a las capas inferiores.
- d. Capa de Arena:** es una capa de arena gruesa y limpia de poco espesor que es colocado sobre la base para que sirva de asiento al adoquín y como filtro para drenar el agua que ingrese por las juntas.
- e. Adoquines:** son bloques generalmente de concreto o arcillas de diferentes formas, dimensiones y espesores, generalmente de dimensiones aproximadas son 20 cm de largo y 10 cm de ancho, los espesores varían de acuerdo al tráfico.

Según (MVCS NT.CE.010, 2010), con la NTP CE.010 Pavimentos Urbanos, menciona que en los pavimentos de bloques intertrabados

(adoquines) de concreto hidráulico, estos materiales deberán cumplir los requisitos indicados en las siguientes tablas recomendadas:

El material para la cama de arena de los adoquines deberá cumplir con la granulometría recomendada en la **Tabla N°42**

Tabla N°42: Granulometría de la arena de sello ASTM C144

MALLA	% PASA
4,75 mm(N°4)	100
2,36mm(N°08)	95-100
1,18mm(N°16)	70-100
600um(N°30)	40-75
300um(N°50)	20-40
150um(N°100)	10-25.
75um(N°200)	00-10.

Fuente NTE CE.010 Pavimentos Urbanos

El material para el sello de junta entre adoquines, deberá cumplir con la granulometría recomendada en la **Tabla N°43**.

Tabla N°43: Adoquines –Requisito NTP 399.611:2003

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Fuente NTE CE.010 Pavimentos Urbanos

Tabla N°44: Resistencia a la compresión

TIPO	ESPESOR (mm)	PROMEDIO(Mpa)	MINIMO *(Mpa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	28
	80	37	37
III	100	35	32
	≥80	55	50

Fuente: NTE CE.010 Pavimentos Urbanos

Tabla N°45: Requisitos que deben cumplir los pavimentos

Tipo de Pavimento Elemento		Flexible	Rígido	Adoquines
Sub rasante		95% de compactación: Suelos granulares-proctor modificado Suelos cohesivos - Proctor estándar		
		Espesor compactado : Vías locales y colectoras ≥ 250mm - ≥300mm - Vías arteriales y expresas.		
Sub base		CBR ≥ 40% al 100% de compactación Proctor modificado	CBR ≥ 30% al 100% de compactación Proctor Modificado	
Base		CBR ≥ 80% al 100% de compactación Proctor modificado	N.A*	CBR ≥ 80% al 100% de compactación Proctor modificado
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la imprimación ≥5mm	N.A*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40mm
Esoesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	N.R.**

NR**: No recomendable

Fuente NTE CE.010 Pavimentos Urbanos

1.3.1.5.6 SEÑALIZACIÓN

1.3.1.5.6.1 Normatividad vigente

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, mediante Resolución Ministerial R.M. N° 16-2016

MTC/14 del 31 de Mayo del 2016, aprobó el **Manual de Dispositivos del Control del Tránsito Automotor para calles y carreteras**, de acuerdo con el Manual Interamericano, que reemplaza al Manual de Señalización del año 2000 y a cualquier otro manual en uso, con la finalidad de definir el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito (señales, marcas en el pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares), destinados a obtener la necesaria e imprescindible uniformidad de ellos en el país, contribuyendo al mejoramiento en el control y ordenamiento de tránsito en calles y caminos del Perú.

1.3.1.5.6.2 Señalización vertical

1.3.1.5.6.2.1 Clasificación

Se clasifican en señales **reguladoras de reglamentación, señales preventivas y señales informativas.**

- 1. Señales reguladoras o de reglamentación:** Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito.
- 2. Señales de Prevención:** Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.
- 3. Señales de Información:** Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros.

1.3.1.5.6.2.2 Características de las señales verticales

Las señales reguladoras o de reglamentación, deberán tener la forma circular inscrita dentro de una placa cuadrada o rectangular, con excepción de la señal de «PARE», de forma octogonal, y de la señal "CEDA EL PASO", de la forma de un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo. En algunos casos también estará contenida la leyenda explicativa del símbolo.

Las señales de prevención y temporales de construcción tendrán la forma romboidal, un cuadrado con la diagonal correspondiente en posición vertical, con excepción de las de delineación de curvas ("CHEVRON"), cuya forma será rectangular correspondiendo su mayor dimensión al lado vertical, las de ZONA DE NO ADELANTAR que tendrán forma triangular y las de ZONAS ESCOLARES con forma pentagonal, las señales preventivas deberán colocarse mínimo hasta 30 m de distancia antes de llegar a una curva.

Las señales de información tendrán la forma rectangular con su mayor dimensión horizontal, a excepción de los indicadores de ruta y de las señales auxiliares. Las señales de servicios generales y las señales de turismo tendrán forma cuadrada.

El color de fondo a utilizarse en las señales verticales será:

- a. Amarillo**, se utilizará como fondo para las señales de prevención.
- b. Naranja**, se utilizará como fondo para las señales en zonas de ejecución de obras de construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, y mantenimiento o conservación de calles y carreteras.
- c. Amarillo fluorescente**, se utilizará como fondo para todas las señales de prevención en situaciones que se requieran mayor visibilidad diurna y señales informativas con contenido de prevención.

d. Naranja fluorescente, se utilizará como fondo para todas las señales en zonas de trabajo de construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, y mantenimiento o conservación en situaciones que se requiera mayor visibilidad diurna.

e. Azul, se utilizará como fondo en las señales informativas y de servicios generales.

f. Blanco, se utilizará como fondo para las señales de reglamentación e informativas, así como para las leyendas o símbolos de las señales informativas y en la palabra «pare».

g. Negro, se utilizará como fondo en las señales informativas de dirección de tránsito, así como en el fondo de las señales de mensaje variable, los símbolos y leyendas en las señales de reglamentación, prevención y de aviso de zonas de trabajo de construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, y mantenimiento o conservación.

h. Marrón, se utilizará como fondo para señales informativas de lugares turísticos, centros de recreo e interés cultural, sin embargo, de ser el caso se cumplirá o complementará con lo establecido en las normas sobre señalización del ministerio de comercio exterior y turismo Mincetur.

i. Rojo, se utilizará como fondo en las señales de «pare», «no entre», en el borde de la señal «ceda el paso» y para las orlas y diagonales en las señales de reglamentación, turística adicionalmente se utilizará para señales informativas de servicios generales de emergencia.

j. Verde, se utilizará como fondo en las señales de información.

k. Amarillo limón fluorescente, se usará para todas las señales preventivas en zonas escolares, académicas, centros hospitalarios, centros deportivos, centros comerciales, estaciones de bomberos, etc.

l. Rosado fluorescente, se usará para sucesos o incidentes de emergencias que afecten la vía.

Tamaño:

El tamaño de las señales de reglamentación y prevención serán determinadas en base a la velocidad máxima de operación, ya que ésta determina las distancias mínimas a las que la señal deba ser vista y leída.

Se han sido definidas considerando los siguientes cuatro rangos de velocidades máximas, múltiplos de 10: · Menor o igual a 50 km/h · 60 - 70 km/h · 80 - 90 km/h 100 o mayor km/h.

Ubicación**Ubicación Longitudinal**

La ubicación longitudinal de la señal debe posibilitar que un usuario que se desplaza a una velocidad máxima permitida en la vía, tenga tiempo de percepción y reacción para efectuar las acciones para una adecuada operación.

Ubicación lateral

En las zonas urbanas, la distancia del borde de la calzada (sardinel) al borde próximo de la señal, deberá ser como mínimo 0,60 m. En casos excepcionales y previa justificación técnica, las señales podrán colocarse a distancias diferentes a la indicada, en función a las características de las veredas u otros elementos de la vía urbana materia de señalización.

Altura

La altura de la señal debe asegurar su visibilidad. Por ello, para su definición es importante tomar en consideración factores que podrían afectar dicha visibilidad tales como la altura de los vehículos, geometría horizontal y vertical de la vía, o la presencia de obstáculos. En zonas urbanas, La altura mínima permisible será de 2,00 m. entre el borde inferior de la señal y el nivel de la vereda.

1.3.1.5.6.3 Marcas en el pavimento o demarcaciones

Se emplean para regular o reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la operación vehicular y seguridad vial.

Marcas planas el pavimento

Las marcas planas en el pavimento están constituidas por líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

Se emplean para delimitar carriles y calzadas, indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o cambiar de carril, zonas con prohibición de estacionamiento; delimitar carriles de uso exclusivo para determinados tipos de vehículos tales como carriles exclusivos para el tránsito de bicicletas, motocicletas, buses y otros.

Color de marcas planas en pavimento

Blanco: Separación de corrientes de tráfico en el mismo sentido. se empleará en bordes de calzada, demarcaciones longitudinales, demarcaciones transversales, demarcaciones elevadas, flechas direccionales, letras, espacios de estacionamiento permitido.

b. Amarillo: Se emplea excepcionalmente para señalar áreas que requieran ser resaltadas por las condiciones especiales de las vías, tales como canales de tráfico en sentidos opuestos, canales de tráfico exclusivos para sistemas de transportes masivo, objetos fijos adyacentes a la misma, líneas de no bloqueo de intersección, demarcación elevada y borde de calzada de zonas donde está prohibido estacionar.

c. Azul: Complementación de señales informativas, tales como zonas de estacionamiento para personas con movilidad reducida, separación de carriles para cobro de peaje electrónico y otros.

d. Rojo: Demarcación de rampas de emergencia o zonas con restricciones.

Clasificación de marcas planas

Línea de borde de calzada o superficie de rodadura

Línea de carril

Línea central

Líneas canalizadoras de tránsito

Líneas demarcadoras de entradas y salidas

Líneas de transición por reducción de carriles

Línea de pare

Líneas de cruce peatonal

Demarcación de espacios para estacionamiento

Demarcación de no bloquear cruce en intersecciones

Demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta

Otras demarcaciones

Palabras, símbolos y leyendas

1.3.1.2. DISEÑO DE SUBDRENAJE USANDO GEODRÉN

(GEOSOFT PAVCO , 2012), La utilización de geodrén es una alternativa excelente técnica y económicamente frente a sistemas de drenajes tradicionales, este sistema permite captar y evacuar eficientemente el agua sub superficial, así mismo disminuye la utilización de material pétreos no renovables que inciden en un impacto ambiental negativo.

Para lograr un buen diseño de un sistema de drenaje usando geodrén, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

1. Establecer el sitio o los sitios más convenientes en donde se requieran captar los fluidos.
2. Estimar el caudal crítico para un tramo de diseño, el cual es la sumatoria de los caudales de aporte que provienen del agua subterránea e infiltrada superficialmente.

3. Establecer el geotextil a usar en el sistema de filtración. El uso de los geotextiles ha venido desplazando los sistemas tradicionales de filtración, debido principal mente al aumento de la vida útil del sistema de drenaje, facilidad de instalación y reducción de los costos totales de la construcción.
4. Establecer el sistema de evacuación de los líquidos que capta el geodrén. Es necesario que este sistema sea un tubo especial para drenaje.

1.3.1.2.1. Normas técnicas para subdrenes con geodrén.

El geodrén es un geocompuesto conformado por un geotextil no tejido y un geored.

La normatividad respecto al geotextil para subdrenes está estipulados en la sección 511 de las especificaciones técnicas generales para la construcción del Manual de carreteras EG-2013, así mismo en la página 193 del manual de hidrología, hidráulica y drenaje 2011. Lo siguiente:

Los geotextiles usados para subdrenaje deben cumplir la siguiente normatividad **Tabla N°46**

Tabla N°46: Geotextiles usados en subdrenaje-requerimientos

Propiedad	Ensayo	Unidad	Requerimiento		
			Porcentaje de suelos insitu que pasa tamiz N°200(0.075mm)(1)		
Clase de Geotextil			Clase 2 de la tabla 650-1(2)		
Permitividad (3) (4)	ASTM D 4491	-1	0.5	0.2	0.1
Tamaño de abertura aparente (3) (4)	ASTM D 4751	mm	0.43 valores max. Prom.por rollo	0.25 valores max. Prom.por rollo	0.22 valores max. Prom.por rollo
Estabilidad Ultravioleta (Resistencia Mantenido)	ASTM D 4355	%	50% despues de 500 horas de exposición		

Fuente: (MTC-EG, 2013) especificaciones técnicas generales para la construcción del Manual de carreteras.

Según AASTHO, las normas que deben cumplir los geotextiles son los siguientes:

Tabla N°47: Propiedades de resistencia y requerimientos de geotextil según AASHTO M288-96(AASHTO, 1997)

Property	Test Methods	Units	Geotextile Classification					
			Class 1		Class 2		Class 3	
			Elongation < 50 % i.e., woven	Elongation ≥ 50 % i.e., nonwoven	Elongation < 50 % i.e., woven	Elongation ≥ 50 % i.e., nonwoven	Elongation < 50 % i.e., woven	Elongation ≥ 50 % i.e., nonwoven
Grab Strength	ASTM D4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Sewn Seam Strength	ASTM D4632	N	1260	810	990	630	720	450
Tear Strength	ASTM D4533	N	500	350	400	250	300	180
Puncture Strength	ASTM D4833	N	500	350	400	250	300	180
Permittivity	ASTM D4491	sec ⁻¹	Minimum property requirements for permittivity, AOS and UV stability are based on geotextile application. Refer to Table 2.2b for subsurface filtration, Table 2.2c for separation, Table 2.2d for stabilization, or Table 2.2e for permanent erosion control.					
Apparent Opening Size	ASTM D4751	mm						
Ultraviolet Stability	ASTM D4355	%						

Fuente: Tomado de (SICHA FLORES, 2018) pág.15.

Tabla N°48: Requerimientos para las propiedades de geotextil de drenaje sub superficial según AASHTO M288-96 (AASHTO, 1997)

Property	Test Methods	Units	Requirements		
			Percent In-Situ Soil Passing 0.075 mm		
			< 15	15 to 50	> 50
Geotextile Class			Class 2 from Table 2.2a		
Permittivity	ASTM D4491	sec ⁻¹	0.5	0.2	0.1
Apparent Opening Size	ASTM D4751	mm	0.43 max. avg. roll value	0.25 max. avg. roll value	0.22 max. avg. roll value
Ultraviolet Stability (Retained Strength)	ASTM D4355	%	50% after 500 hrs. of exposure		

Fuente: Tomado de (SICHA FLORES, 2018) pág.16.

Según el Manual de especificaciones técnicas de diseño y construcción de parques y escenarios públicos de Bogotá D.C, en el (CAP8) 6.5 Geodrén, menciona las normas técnicas de la Geored y tubería de drenaje lo siguiente:

a. La geored debe cumplir con la siguiente normatividad:

Densidad del polímero: Norma ASTM D-1505

Espesor: Norma ASTM D-5199

Trasmisividad: Norma ASTM D-4716

- b. La tubería de drenaje, debe cumplir con la normatividad siguiente:
- Capacidad de flujo (0.5% pendiente): Norma ASTM D-4716
 - Capacidad de flujo (1.0% pendiente): Norma ASTM D-4716.

1.3.1.2.2. Ubicación del geodrén

(GEOSOFTE PAVCO , 2012), es conveniente que los subdrenes recorran de tal manera que intercepten el agua los más perpendicularmente posible. Para el caso de subdrenes en vías donde la pendiente longitudinal sea mayor a la pendiente del bombeo es recomendable utilizar drenajes transversales, debido a que el agua recorrerá en dirección a la resultante o suma vectorial de las pendientes.

La figura 09, se observa las trayectorias de línea de flujo usando geodrén planar, en la Figura N°10 solo geodrenes verticales en el caso que el nivel freático llegue a nivel del pavimento.

Figura N°09

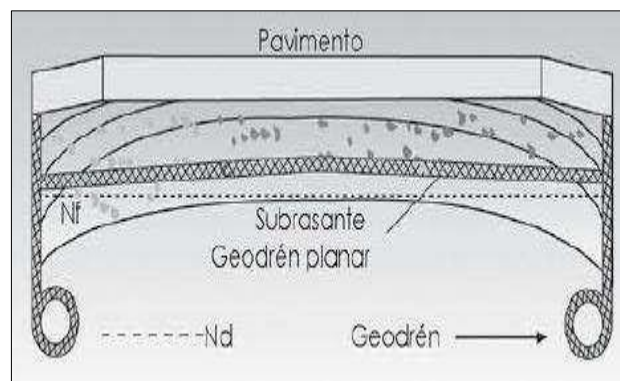
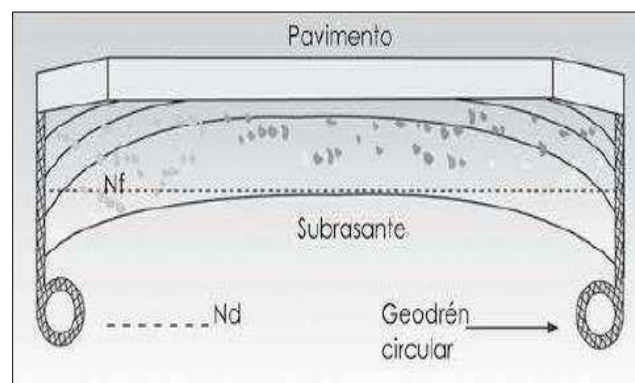


Figura N°10



(GEOSOFTE PAVCO , 2012)

La profundidad del subdren debe ser tal, que la línea superior de flujo generada por abatimiento del nivel freático no toque la estructura de pavimento.

1.3.1.2.3. Área a subdrenar

Según (GEOSOFTE PAVCO , 2012), el área a subdrenar es igual la altura del geodrén multiplicado por la longitud de drenaje en consideración.

Hay que tener en cuenta que la altura del geodrén variará desde el punto inicial hasta la desembocadura por efecto de pendiente que garantice la evacuación del caudal abatido.

1.3.1.2.4. Caudal freático

(GEOSOFTE PAVCO , 2012), los aportes de caudal final o diseño que puedan poner en riesgo la estructura de un pavimento son:

El caudal generado por la infiltración de agua lluvia.

El caudal generado por el abatimiento del nivel de agua subterránea.

El caudal generado por escorrentía superficial.

La guía Pavco, incluye la manera de estimar los dos primeros caudales, los cuales en la mayoría de los casos van a estar presentes en el diseño de los subdrenes para vías. Para el caudal generado por escorrentía, como puede ser el caudal proveniente de taludes adyacentes a la vía y que no sea posible captar sus aguas. Este debe ser cuantificado para ser incluido en el diseño.

Caudal de infiltración (Q_{inf})

(GEOSOFTE PAVCO , 2012) Este caudal es calculado debido a que cuando caen precipitaciones pluviales, una parte se infiltra puesto que ningún pavimento es impermeable ya sea rígido o flexible.

$$Q_{inf} = I_R * B * L * F_i * F_R, \text{ donde:}$$

I_R : Precipitación máxima horaria de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto.

B: Para subdrenes longitudinales, B es la semibanca de la vía (ancho de la vía/2). Para el caso de subdrenes transversales, B es la distancia entre subdrenes.

L: Longitud de drenaje.

F_i : Factor de infiltración; de acuerdo a este libro los valores que recomienda son los siguientes, **Tabla N°47**

F_R : Factor de retención de la base. Refleja el hecho que las bases, dada su permeabilidad entregan lentamente el agua al subdren, este libro recomienda usar valores de la **Tabla N°48**.

Tabla N°47: Valores recomendados para F_i

Tipo de carpeta	F_i
Carpetas asfálticas muy bien conservadas	0.30
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0.40
Carpetas asfálticas pobremente conservadas	0.50
Carpetas de concreto de cemento Portland	0.67

Fuente: (GEOSOF PAVCO , 2012)

Tabla N°48: Valores recomendados para F_R

Tipo de Base	F_R
Bases bien gradadas, en servicio 5 años o mas	1/4
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases de gradación abierta, en servicio 5 años a más	1/2

Fuente: (GEOSOF PAVCO , 2012)

El caudal de abatimiento (QNF)

(GEOSOFTE PAVCO , 2012)Es necesario aplicar en lugares donde la presión del agua alcance una altura superior a la sub rasante afectando la estructura del pavimento.

$$QNF= K \cdot I \cdot Aa. \text{ Donde:}$$

K : es el coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente

I : es el gradiente hidráulico

Aa: es el área efectiva en el caso de abatimiento de nivel freático

Caudal por escorrentía superficial

(GEOSOFTE PAVCO , 2012), este caudal puede ser controlado con métodos de captación tales como cunetas y alcantarillas, de manera tal, que se minimice la entrada de agua a la estructura del pavimento. En tramos donde se considere el caudal de agua infiltrada proveniente de escorrentía como un caudal de aporte, se debe estimar teniendo en cuenta los métodos hidrológicos y ser considerado en el diseño.

Caudal total de diseño (QT)

Una vez estimado los caudales de aportes se obtiene el caudal de diseño QT.

$$QT = Qinf + QNF$$

1.3.1.2.4.1. Tipo de geotextil a usar en el geodrén

(GEOSOFTE PAVCO , 2012), el filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, esto Significa que el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad que permita el paso del flujo de una manera eficiente a la geored.

Para la selección del geotextil no solo hay que tener en cuenta lo anterior, sino también la resistencia a la colmatación y durabilidad, los anteriores criterios se explican a continuación.

Criterio de retención (TAA)

Este criterio garantiza que la abertura sean lo suficientemente pequeña para evitar el paso del suelo al medio drenante.

De acuerdo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administración (FHWA) y basados en los criterios de retención de Christopher y Holtz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} \times B; \text{ donde}$$

TAA: Tamaño de abertura aparente, este es un dato suministrado por el fabricante.

D₈₅: Es el tamaño de las partículas en milímetros, que corresponde al 85% del suelo que pasa al ser tamizado, este dato es obtenido de la curva granulométrica del suelo en mención.

B: Coeficiente que varía entre 3 y 1, depende del tipo de suelo a filtrar, del geotextil y de las condiciones de flujo, de la siguiente manera:

Para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos del 50% que pasa el tamiz #200), B es función del coeficiente de uniformidad Cu, $Cu = D_{60}/D_{10}$ de la siguiente manera:

$$Cu \leq 2 \text{ ó } Cu \geq 8 \rightarrow B=1$$

$$2 < Cu \leq 4 \rightarrow B= 0.5Cu$$

$$4 < Cu < 8 \rightarrow B= 8/Cu$$

Para arenosos mal gradados: B entre 1.5 y 2.

Para suelos finos (más del 50% pasa tamiz #200) B es función del tipo de geotextil.

$$\text{Para tejidos} \quad : B= 1 \rightarrow TAA \leq D_{85}$$

Para no tejidos : $B = 1.8 \rightarrow TAA \leq 1.8 * D_{85}$

Así mismo menciona que según Christopher y Holtz, para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 7, el valor del tamaño de abertura aparente debe ser: $TAA < 0.30 \text{ mm}$

Criterio de permeabilidad

El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual, el geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo.

Para condiciones de flujo estable o flujo laminar y suelos no dispersivos, con porcentajes de finos no mayores al 50%, y de acuerdo con el criterio de Schober y Teindl (1979); Water (1980); Carroll (1983); Christopher y Holtz (1985) y otros:

$K_g > K_s$, donde K_g es la permeabilidad del geotextil y K_s es la permeabilidad del suelo.

Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo los riesgos de colmatación se recomienda usar el criterio de Carro II (1983); Christopher y Holtz (1985):

$$K_g > 10 K_s$$

En estas condiciones también se recomienda colocar una capa de arena media a gruesa.

Criterio de colmatación

Este criterio se aplica en suelos muy finos, Este criterio considera que existe la posibilidad de taparse algunos de sus lados debido a incrustación de partículas de suelo, con una incidencia en la reducción de la permeabilidad, por lo tanto el geotextil debe tener un porcentaje mínima de espacios vacíos a una alta porosidad.

Los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad > 50% razón por la cual no se deben usar geotextiles tejidos en sistemas de subdrenaje.

Criterio de durabilidad

Es la resistencia que debe tener un geotextil en el tiempo, bien sea por ataque químico, biológico o por intemperismo.

Los geotextiles por ser un material fabricado de polipropileno, no son biodegradables, son altamente resistentes al ataque químico como por ejemplo en el manejo de lixiviados.

1.3.1.2.4.2. Cálculo hidráulico para seleccionar el geodrén

Evaluación según la permitividad del sistema

(GEOSOFIT PAVCO , 2012), este libro recomienda usar la ley de Darcy

$\Psi = K/t$, donde Ψ : permitividad (s^{-1}), K permeabilidad del geocompuesto (m/s) y t es espesor de una cara del geocompuesto (m)

$$Q = K \cdot i \cdot A.$$

Por tanto:

$$\Psi_{req.} = Q / (\Delta h \cdot H \cdot L)$$

Donde:

$\Psi_{req.}$: es la permitividad requerida del geotextil, k/t

Q : Caudal a evacuar calculado

Δh : Cabeza hidráulica, que es igual a la altura del geodrén

A : Área conformada por la cara perpendicular a la entrada del caudal

H : altura del geodrén

L : Longitud del tramo de drenaje en consideración

Permitividad admisible (Ψ_{adm}): Se obtiene de la permitividad entregada por el fabricante (Norma ASTM D4491- INV E-90S), dividida por unos factores de reducción.

$$\Psi_{adm} = \frac{\Psi_{ult}}{FR_{csB} * FR_{CR} * FR_{IN} * FR_{CC} * FR_{BC}}$$

Donde:

Ψ_{adm} : Permitividad admisible

Ψ_{ult} : Permitividad última entregada por el fabricante

FR_{csB}: Factor de reducción por colmatación y taponamiento

FR_{CR}: Factor de reducción por creep o fluencia

FR_{IN}: Factor de reducción por intrusión.

FR_{CC}: Factor de reducción por colmatación química

FR_{BC}: Factor de reducción por colmatación biológica

Factor de seguridad (FS_g): es el valor que se obtiene de dividir la permitividad admisible entre la permitividad requerida, el **FS_g > 1**.

Evaluación de la conducción del agua en el plano del geodrén

Una vez que se ha verificado que el geotextil permite la entrada del caudal total al sistema, se debe revisar la capacidad del geodrén para transportar una cantidad de flujo volumétrico en su plano, conduciéndolo de esta manera a un sistema de evacuación. Esta capacidad del geodrén se conoce como tasa de flujo; para entender este concepto analizaremos dicho valor haciendo uso de la ecuación de Darcy.

$$Q_t = k * i * A$$

$$Q_t = k * i * (W * t)$$

$$Q_t = (k \cdot t) \cdot i \cdot W$$

$$Q_t/W = (k \cdot t) \cdot i$$

$$q/w = \Theta \cdot i$$

Donde:

qw : Tasa de flujo (ml/s_m)

Θ : Trasmisividad requerida. (m²/s)

i : Gradiente hidráulico

Qt: Caudal total estimado

W: Ancho del geocompuesto. (longitud del sistema de drenaje)

Se puede observar que las unidades para la tasa de flujo y la trasmisividad son las mismas, aunque se emplea una nomenclatura diferente para poder diferenciarlas. Los valores de la tasa de flujo y la trasmisividad son los mismos para un gradiente igual a uno ($i = 1.0$), valor que se adquiere cuando el geodrén es instalado de forma vertical, como por ejemplo en el espaldón de un muro de contención o a los costados de una vía.

Esfuerzo normal sobre el geodrén

Se debe establecer el esfuerzo normal máximo al que el geocompuesto será sometido, debido a que la presión de tierras o las cargas aplicadas sobre el sistema en casos críticos pueden reducir la capacidad de transmisión del fluido. Como consecuencia del cambio de espesor del geodrén:

$$\sigma_n = \gamma \cdot h \cdot K_a$$

σ_n : Esfuerzo normal máximo (kpa)

γ : peso específico del suelo donde se va a instalar el geocompuesto (kn/m³)

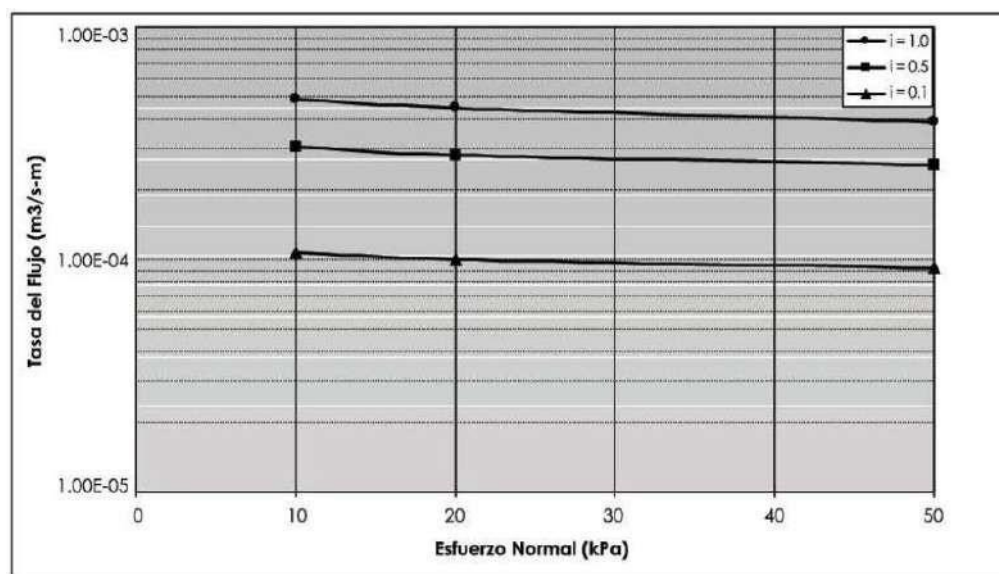
h : altura a la cual el esfuerzo normal es máximo.

K_a : coeficiente lateral de presiones

Gradiente hidráulico

En aplicaciones para sistemas de subdrenaje en espaldones de muros o en vías el valor de gradiente es 1.0, debido a que el geodrén está ubicado de forma vertical por lo que los fluidos tendrán una mayor facilidad para ser transmitidos en el geocompuesto. **Figura N° 11.**

Figura N°11: Tasa de flujo en función del esfuerzo normal y el gradiente hidráulico geodrén i : 1.0, i : 0.5 y i : 0.1 – sentido transversal

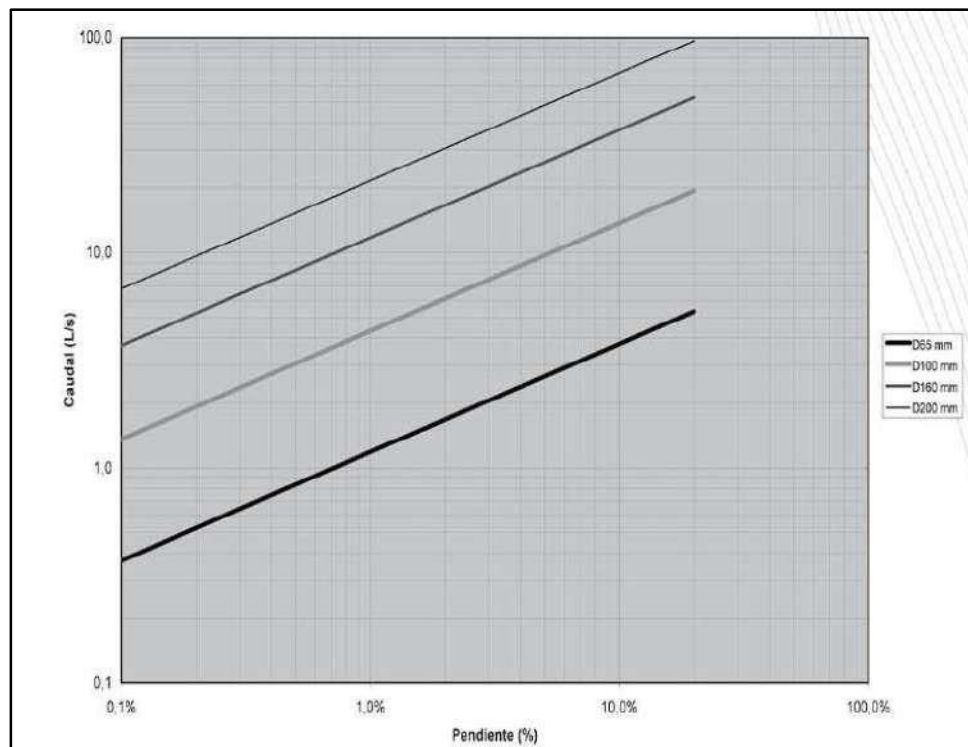


Fuente: (GEOSOFTE PAVCO , 2012), página 262

Diámetro de emisor evacuación de flujos captados por el geodrén

(GEOSOFTE PAVCO , 2012), para el sistema de captación de líquidos captados por el Geodrén en el presente libro en la página 263 presenta un nomograma para el cálculo del diámetro de la tubería en función de la pendiente y del caudal previamente obtenido. **Figura N°12.**

Figura N°12: Nomograma para el cálculo del diámetro de tubería a usar



Fuente: (GEOSOFTE PAVCO , 2012), página 263.

ANEXO 02

**DESARROLLO Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN
DEL CAPITULO III**

3.2 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

3.2.1 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Objetivo del reconocimiento

Al tratarse de un proyecto de infraestructura vial y urbana, el objetivo del reconocimiento de campo tiene por finalidad verificar la zona y el estado actual en que se encuentran las calles donde se realiza el estudio.

Reconocimiento directo

Cubrirá las siguientes etapas:

a. Etapa Preliminar:

Recopilación de información existente

Se han obtenido:

- Plano de lotización Cofopri
- Localización de BMs existentes
- Croquis preliminar elaborado por el autor.

Reconocimiento del terreno

Se realizó el reconocimiento de campo, verificando BMS, existentes, buzones existentes, cajas de agua, desagüe, veredas existentes, poste de alumbrado público, teléfono, de alta tensión, etc.

b. Etapa de trabajo de Campo:

Se ha realizado los trabajos de campo siguiente.

- Proceso de levantamiento topográfico con estación total.
- Mediciones de distancias.
- Mediciones angulares.
- Poligonal principal.
- Proceso de levantamiento de eje con nivel topográfico.

Antes de iniciar las mediciones angulares y de distancias se han marcado buzones existentes que forman parte de la Poligonal principal.

El levantamiento topográfico se ha realizado tomando como inicio la estación **E-1** situado dentro del polígono a levantar, la cota de 16.42 **m.s.n.m.**, ubicado con un G.P.S. Navegador de primer Orden, el cual tiene las siguientes coordenadas: **E 621419.04, N 9258943.39.**

Luego de georeferenciar dos puntos topográficos de la estación de apoyo bajo la orientación de los puntos tomados del GPS navegador en el sistema WGS-84 con coordenadas UTM, se procedió tomar los datos de planimetría como la altimetría con un total de **845** puntos obtenidos del campo para determinar el relieve existente del terreno, de los cuales, 785 se obtuvieron con estación total y 60 con nivel topográfico, específicamente para el eje de la vía.

c. Etapa de Trabajo de Gabinete:

Utilizando el trabajo obtenido en campo, se procedió al procesamiento de datos.

Procesamiento de Datos

Toda la información se trabajó en software Topográfico (AUTOCAD Civil 3D 2014 y Microsoft Excel) y se procedió al dibujo de los planos.

Llevado a cabo el proceso de orientación de los puntos de apoyo, se halló los valores de las coordenadas de las estaciones de apoyo.

Puntos de Control

Los puntos de control comprenden puntos físicos existentes en campo (Monumentados), con fines de verificación de diseño, replanteo de obra y estos contienen coordenadas y cotas conocidas indicados en los planos de Topografía (Cuadro Técnicos)

Estas se dejan en lugares fijos y cercanos a las estructuras a ejecutar.

Cálculo del Perímetro y Área

Los cálculos de los perímetros y áreas se realizaron en el programa de dibujo AUTOCAD Civil 3D 2014 con una precisión confiable para trabajos de Ingeniería.

Toda la información del levantamiento almacenada durante la jornada de trabajo, se transfirieron a una computadora y luego fueron procesados en el programa AUTOCAD Civil 3D 2014, verificando que se tomaron los puntos necesarios para representar la topografía del área de estudio.

Trazo de la Curvas de Nivel

Las Curvas de Nivel de la zona fueron realizadas a través del software topográfico AUTOCAD Civil 3D 2014, el cual genera las curvas de nivel con las tolerancias y rangos manejables por el usuario, en esta etapa se edita la red irregular de triángulos (TIN) buscando que la superficie formada por el TIN represente al terreno natural con la mayor realidad posible, sin descuidar las tolerancias admisibles para los diseños que se emplacen en la zona de estudio.

Para el presente estudio la equidistancia de las curvas de nivel en el plano topográfico es de cada 0.50 metros para las curvas principales y cada 0.10 metros para las curvas secundarias.

Se ubicaron puntos de control **(BM)** para la zona de estudio y su posterior utilización en la ejecución de la obra, se representó en los planos, siendo estos los siguientes:

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
1	9258943.39	621419.401	16.42	BM
2	9258903.33	621634.75	16.41	BM2 apoyo
3	9258841.47	621851.892	16.63	BM3 apoyo
4	9258768.13	622252.04	17.70	BM4 apoyo

El BM1, fue proporcionado por la Municipalidad Provincial de Lambayeque, ya que existen pavimentos cercanos realizados por esta entidad.

3.2.2 INSTRUMENTOS EMPLEADOS

Para el presente estudio se utilizó los siguientes instrumentos:

- 01 estación total marca Leica TS 09.
- 01 GPS marca Garmin GPS Map 60scx.
- 02 prismas con sus respectivos jalones
- 01 wincha stanley de 50m.
- 01 wincha metálica de 5m
- Esmalte color rojo
- Brocha.
- Libreta de campo.
- Palanas
- Machete.

PUNTOS DE LA AVENIDA OBTENIDOS CON ESTACIÓN TOTAL (537)

P	E	N	Z	Descripción
1	621337.53	9258958.03	16.445	VEREDA
2	621383.38	9258948.82	16.475	VEREDA
3	621314.29	9258964.6	16.628	VEREDA
4	621313.99	9258962.8	16.399	VEREDA
5	621391.98	9258942.13	16.24	CALLE
6	621464.41	9258932.76	16.475	VEREDA
7	621421.68	9258949.85	16.456	VEREDA
8	621501.35	9258926.77	16.454	VEREDA
9	621362.37	9258952.98	16.48	VEREDA
10	621437.19	9258978.98	16.36	B.DE CALLE
11	621422.99	9258980.69	16.387	B.DE CALLE
12	621583.14	9258912.96	16.48	VEREDA
13	621478.01	9258927.49	16.407	CALLE

14	621515.41	9258921.19	16.479	CALLE
15	621426.85	9258941.02	16.307	B DE CALLE
16	621612.97	9258907.31	16.401	VEREDA
17	621487.52	9258933.01	16.504	B.DE CALLE
18	621506.09	9258909.49	16.468	B DE CALLE
19	621493.54	9258927.99	16.452	CALLE
20	621419.40	9258943.39	16.42	BM - 1
21	621357.17	9258938.62	15.99	CALLE
22	621339.75	9258867.56	15.934	B.DE CALLE
23	622014.42	9258803.01	16.507	CALLE
24	622012.58	9258798.21	16.679	CALLE
25	621390.06	9258932.4	16.14	CALLE
26	621311.28	9258947.49	16.33	CALLE
27	621318.27	9258956.33	16.229	CALLE
28	621323.06	9258945.31	16.122	CALLE
29	621332.47	9258943.67	15.985	CALLE
30	621324.94	9258955.05	16.239	CALLE
31	621349.12	9258940.24	15.989	CALLE
32	621335.76	9258953.04	16.25	CALLE
33	621369.23	9258936.26	15.889	CALLE
34	621380.37	9258933.97	15.947	CALLE
35	622192.84	9258786.61	16.949	VEREDA
36	621351.22	9258950.27	16.321	CALLE
37	621360.82	9258948.2	16.283	CALLE
38	621382.11	9258943.54	16.231	CALLE
39	622015.89	9258806.08	16.582	CALLE

40	621398.30	9258941.26	16.22	CALLE
41	621395.13	9258922.93	16	CALLE
42	622256.25	9258785.7	17.205	CALLE
43	622244.37	9258786.98	17.177	VEREDA
44	621397.03	9258891.08	15.961	B.DE CALLE
45	621384.16	9258892.208	15.903	B.DE CALLE
46	621423.18	9258927.23	16.276	CALLE
47	621424.57	9258992.809	16.333	B.DE CALLE
48	621439.31	9258990.798	16.375	B.DE CALLE
49	622278.49	9258870.92	16.43	CALLE
50	621551.71	9258918.841	16.518	CALLE
51	622272.97	9258913.376	17.07	CALLE
52	622275.55	9258930.158	17.15	CALLE
53	622258.76	9258846.294	17.045	CALLE
54	622285.99	9258973.936	17.034	CALLE
55	622263.76	9258785.03	17.261	CALLE
56	622259.71	9258785.371	17.3	CALLE
57	622254.09	9258776.092	17.498	CALLE
58	622248.90	9258778.863	17.145	CALLE
59	622243.54	9258781.163	17.05	CALLE
60	622249.94	9258826.388	16.89	CALLE
61	622253.19	9258803.902	17.016	CALLE
62	622258.70	9258803.359	17.044	CALLE
63	622261.78	9258802.77	17.046	CALLE
64	622267.23	9258802.153	17.1	CALLE
65	622270.38	9258870.928	16.94	CALLE

66	622261.90	9258871.784	16.956	CALLE
67	622267.07	9258871.406	16.978	CALLE
68	622261.39	9258825.537	16.806	CALLE
69	622276.24	9258912.766	17.03	CALLE
70	622273.24	9258946.701	17.108	CALLE
71	622281.65	9258945.649	17.068	CALLE
72	622282.56	9258974.418	17.08	CALLE
73	622277.63	9258975.105	17.116	CALLE
74	621401.36	9258949.011	16.577	CALLE
75	621411.57	9258951.052	16.597	CALLE
76	621364.49	9258956.782	16.486	CALLE
77	621319.51	9258961.943	16.44	VEREDA
78	621326.58	9258960.706	16.44	VEREDA
79	621317.31	9258946.782	16.23	CALLE
80	621331.30	9258937.923	16.28	CALLE
81	621321.95	9258939.527	16.45	VEREDA
82	621316.21	9258940.541	16.32	VEREDA
83	621309.96	9258940.961	16.45	CALLE INTERSEC. AV-RC
84	621308.68	9258966.184	16.53	CALLE INTERSEC. AV-RC
85	621306.06	9258948.143	16.39	INTERSEC AV. RC
86	621305.38	9258941.805	16.51	CALLE INTERSEC. AV-RC
87	621327.59	9258963.461	16.45	VEREDA
88	621321.15	9258964.901	16.45	VEREDA
89	621314.94	9258966.849	16.6	VEREDA
90	621330.90	9258935.145	16.29	CALLE
91	621321.47	9258936.242	16.46	VEREDA

92	621315.52	9258937.446	16.33	VEREDA
93	621309.47	9258937.844	16.45	VEREDA
94	621345.24	9258956.675	16.47	CALLE
95	621338.62	9258961.504	16.45	VEREDA
96	621346.39	9258960.304	16.48	VEREDA
97	621343.93	9258951.194	16.29	CALLE
98	621342.06	9258941.369	15.98	CALLE
99	621340.87	9258936.439	16.23	VEREDA
100	621340.33	9258933.796	16.29	CALLE
101	621347.74	9258935.302	16.01	CALLE
102	621346.99	9258931.944	16.02	B DE CALLE
103	621352.74	9258954.922	16.45	VEREDA
104	621354.82	9258929.413	16.05	B DE CALLE
105	621353.95	9258958.341	16.47	VEREDA
106	621355.62	9258933.81	15.99	CALLE
107	621349.02	9258866.33	16.03	B DE CALLE
108	621344.62	9258898.096	15.94	B DE CALLE
109	621354.04	9258897.211	15.97	B DE CALLE
110	621367.25	9258930.958	15.88	CALLE
111	621366.29	9258927.461	16.09	CALLE
112	621370.41	9258945.678	16.28	CALLE
113	621372.45	9258951.041	16.46	VEREDA
114	621374.16	9258954.486	16.48	VEREDA
115	621379.82	9258928.913	16.08	CALLE
116	621378.84	9258926.029	16.09	VEREDA
117	621384.66	9258952.235	16.5	VEREDA

118	621393.19	9258946.74	16.48	VEREDA
119	621393.96	9258950.402	16.49	VEREDA
120	621388.45	9258927.684	16.16	CALLE
121	621388.03	9258924.195	16.17	CALLE
122	621395.40	9258927.388	16.07	CALLE
123	621396.57	9258931.726	16.13	CALLE
124	621400.00	9258945.751	16.46	VEREDA
125	621408.82	9258944.405	16.44	VEREDA
126	621408.05	9258939.69	16.2	CALLE
127	621406.94	9258930.041	16.15	CALLE
128	621406.45	9258927.048	16.22	CALLE
129	621405.43	9258922.499	16.23	CALLE
130	621413.64	9258926.162	16.25	CALLE
131	621422.10	9258924.347	16.4	VEREDA
132	621412.94	9258922.116	16.27	CALLE
133	621420.84	9258921.076	16.41	VEREDA
134	621414.89	9258929.126	16.23	CALLE
135	621417.66	9258938.148	16.26	CALLE
136	621425.92	9258936.302	16.29	CALLE
137	621428.20	9258948.345	16.3	B.DE CALLE
138	621433.91	9258937.845	16.48	VEREDA
139	621434.94	9258944.709	16.5	VEREDA
140	621433.21	9258934.603	16.3	CALLE
141	621431.94	9258925.372	16.29	CALLE
142	621431.11	9258922.211	16.44	VEREDA
143	621430.23	9258919.408	16.45	VEREDA

144	621453.61	9258938.046	16.47	VEREDA
145	621442.97	9258936.396	16.23	CALLE
146	621443.68	9258940.719	16.25	CALLE
147	621452.76	9258934.841	16.45	VEREDA
148	621442.17	9258933.05	16.31	CALLE
149	621452.19	9258931.443	16.32	CALLE
150	621463.63	9258929.686	16.34	CALLE
151	621463.15	9258920.495	16.35	CALLE
152	621451.22	9258922.45	16.33	CALLE
153	621440.90	9258924.045	16.31	CALLE
154	621464.96	9258936.103	16.53	VEREDA
155	621462.45	9258917.198	16.4	CALLE
156	621450.49	9258919.058	16.36	CALLE
157	621440.46	9258920.691	16.3	CALLE
158	621439.92	9258917.671	16.32	CALLE
159	621450.03	9258916.222	16.38	CALLE
160	621461.72	9258913.933	16.42	VEREDA
161	621471.86	9258931.654	16.38	CALLE
162	621478.64	9258930.537	16.47	VEREDA
163	621476.37	9258914.802	16.45	VEREDA
164	621476.70	9258918.11	16.34	CALLE
165	621469.47	9258916.024	16.42	VEREDA
166	621470.12	9258919.11	16.33	CALLE
167	621471.15	9258928.769	16.37	CALLE
168	621479.38	9258933.581	16.49	VEREDA
169	621476.04	9258911.658	16.47	VEREDA

170	621468.83	9258913.042	16.44	VEREDA
171	621486.88	9258929.164	16.5	VEREDA
172	621492.95	9258925.353	16.4	CALLE
173	621493.72	9258932.07	16.51	B.DE CALLE
174	621486.47	9258926.268	16.4	CALLE
175	621484.73	9258916.767	16.4	CALLE
176	621491.80	9258915.652	16.41	CALLE
177	621491.35	9258912.47	16.54	VEREDA
178	621484.33	9258913.598	16.44	VEREDA
179	621483.31	9258910.468	16.47	VEREDA
180	621490.60	9258909.573	16.56	VEREDA
P	E	N	Z	D
181	621508.10	9258925.674	16.4	CALLE
182	621516.05	9258924.412	16.28	CALLE
183	621530.78	9258921.851	16.28	CALLE
184	621542.76	9258919.872	16.36	CALLE
185	621530.35	9258918.744	16.47	CALLE
186	621542.44	9258916.687	16.4	CALLE
187	621507.61	9258922.531	16.4	CALLE
188	621500.90	9258923.696	16.39	CALLE
189	621506.20	9258913.21	16.34	CALLE
190	621499.13	9258914.385	16.4	CALLE
191	621514.64	9258911.919	16.34	CALLE
192	621528.55	9258909.518	16.35	CALLE
193	621540.21	9258907.564	16.3	CALLE
194	621539.33	9258904.4	16.5	VEREDA

195	621527.99	9258906.279	16.46	VEREDA
196	621514.34	9258908.564	16.46	VEREDA
197	621498.69	9258911.158	16.48	VEREDA
198	621497.78	9258907.96	16.51	VEREDA
199	621505.50	9258906.331	16.48	VEREDA
200	621514.21	9258904.901	16.47	VEREDA
201	621527.07	9258902.94	16.48	VEREDA
202	621538.55	9258901.268	16.52	VEREDA
203	621494.70	9258872.479	16.07	B DE CALLE
204	621506.34	9258871.288	16.18	B DE CALLE
205	621494.14	9258969.742	16.4	B.DE CALLE
206	621504.23	9258968.057	16.42	B.DE CALLE
207	621552.91	9258959.153	16.26	B DE CALLE
208	621558.50	9258958.55	16.29	B DE CALLE
209	621591.92	9258898.571	16.22	CALLE
210	621591.29	9258895.345	16.27	CALLE
211	621579.20	9258897.537	16.35	VEREDA
212	621564.55	9258899.846	16.28	CALLE
213	621819.29	9258854.046	16.42	CALLE
214	621819.65	9258856.748	16.54	VEREDA
215	621820.36	9258861.065	16.56	T.PRIVADO
216	621818.01	9258845.127	16.65	VEREDA
217	621818.34	9258848.148	16.48	CALLE
218	621817.40	9258841.348	16.63	VEREDA
219	621797.72	9258855.9	16.4	CALLE
220	621797.61	9258850.405	16.44	CALLE

221	621797.27	9258846.79	16.55	VEREDA
222	621799.12	9258859.039	16.5	VEREDA
223	621798.22	9258865.739	16.24	CALLE
224	621798.60	9258875.639	16.21	CALLE
225	621797.16	9258841.216	16.57	CALLE
226	621834.37	9258855.095	16.59	CALLE
227	621835.04	9258858.665	16.63	T. PRIVADO
228	621833.40	9258846.389	16.52	CALLE
229	621634.75	9258903.333	16.41	BM-2
230	621833.28	9258843.554	16.47	CALLE
231	621853.97	9258849.744	16.45	CALLE
232	621853.91	9258852.95	16.53	CALLE
233	621854.09	9258856.154	16.57	T. PRIVADO
234	621853.03	9258844.798	16.48	CALLE
235	621851.15	9258836.719	16.65	CALLE
236	621867.30	9258842.997	16.54	CALLE
237	621866.88	9258839.586	16.75	CALLE
238	621869.38	9258851.095	16.62	CALLE
239	621869.65	9258854.356	16.65	T. PRIVADO
240	621866.24	9258834.776	16.76	CALLE
241	621890.86	9258833.514	16.7	CALLE
242	621892.23	9258836.618	16.45	CALLE
243	621893.44	9258841.504	16.39	CALLE
244	621894.55	9258844.578	16.41	CALLE
245	621895.73	9258848.037	16.62	T. PRIVADO
246	621889.44	9258829.485	16.72	CALLE

P	E	N	Z	D
247	621906.07	9258837.806	16.59	CALLE
248	621919.50	9258834.472	16.34	CALLE
249	621907.77	9258840.982	16.69	CALLE
250	621909.78	9258844.227	16.73	T.PRIVADO
251	621904.29	9258833.193	16.51	CALLE
252	621903.46	9258829.951	16.63	CALLE
253	621902.57	9258826.575	16.65	CALLE
254	621918.29	9258829.301	16.33	CALLE
255	621917.02	9258826.348	16.5	CALLE
256	621915.65	9258822.938	16.54	CALLE
257	621921.00	9258837.306	16.4	CALLE
258	621922.92	9258840.879	16.62	T. PRIVADO
259	621930.56	9258831.175	16.48	CALLE
260	621927.65	9258823.349	16.63	CALLE
261	621925.99	9258819.673	16.6	CALLE
262	621932.08	9258834.296	16.56	CALLE
263	621934.18	9258837.52	16.62	T. PRIVADO
264	621946.91	9258825.667	16.46	CALLE
265	621945.25	9258820.875	16.42	CALLE
266	621944.38	9258817.698	16.69	CALLE
267	621942.59	9258814.373	16.72	T. PRIVADO
268	621948.16	9258828.828	16.54	T. PRIVADO
269	621950.56	9258832.352	16.63	T. PRIVADO
270	621928.59	9258826.525	16.43	CALLE
271	621983.59	9258813.202	16.6	CALLE

272	621981.37	9258807.989	16.58	CALLE
273	621980.18	9258805.262	16.68	CALLE
274	621979.14	9258802.065	16.7	CALLE
275	621984.95	9258816.021	16.72	CALLE
276	621987.03	9258820.661	16.75	T. PRIVADO
277	622065.19	9258793.831	16.66	CALLE
278	622065.28	9258785.4	16.7	CALLE
279	622064.88	9258788.834	16.64	CALLE
280	622065.86	9258798.894	16.71	CALLE
281	622064.48	9258808.985	16.73	CALLE
282	622064.78	9258777.298	16.74	CALLE
283	622047.54	9258792.581	16.77	CALLE
284	622047.73	9258796.069	16.85	CALLE
285	622047.73	9258807.792	16.87	T. PRIVADO
286	622046.83	9258787.681	16.73	CALLE
287	622046.69	9258784.183	16.7	CALLE
288	622045.97	9258777.82	16.72	CALLE
289	621997.80	9258799.35	16.67	CALLE
290	622000.65	9258807.447	16.63	CALLE
291	621999.27	9258802.85	16.67	CALLE
292	622001.30	9258810.874	16.74	CALLE
293	622003.83	9258816.254	16.76	T. PRIVADO
294	621997.05	9258795.855	16.68	CALLE
295	621995.75	9258779.764	16.46	CALLE
296	621990.15	9258780.23	16.52	CALLE
297	622011.80	9258795.125	16.61	CALLE

298	622010.49	9258791.712	16.63	CALLE
299	622246.95	9258804.611	17.06	CALLE
300	622240.56	9258805.123	17.08	CALLE
301	622243.69	9258826.907	16.92	CALLE
302	622264.68	9258824.942	16.88	CALLE
303	622269.68	9258824.412	16.91	T. CULTIVO
304	622252.79	9258847.191	17.22	CALLE
305	622246.70	9258847.906	17.26	CALLE
306	622264.09	9258845.991	16.92	CALLE
307	622267.32	9258845.736	17.12	CALLE
308	622270.99	9258845.323	17.06	T. CULTIVO
309	622279.02	9258929.629	17.09	CALLE
310	622283.48	9258929.256	17.04	T. CULTIVO
311	622265.49	9258931.851	17.24	CALLE
312	622260.96	9258932.47	17.23	CALLE
313	622270.77	9258930.911	17.19	CALLE
314	622268.11	9258914.077	17.11	CALLE
315	622262.98	9258915.092	17.16	CALLE
316	622257.73	9258915.443	17.19	CALLE
317	622282.17	9258912.004	17	T. CULTIVO
318	622274.18	9258870.674	16.72	T. CULTIVO
319	622256.40	9258872.438	16.98	CALLE
320	622251.66	9258872.934	17.03	CALLE
321	622269.77	9258893.066	16.92	CALLE
322	622264.45	9258893.713	16.9	CALLE
323	622273.12	9258892.78	16.98	CALLE

324	622277.27	9258892.813	16.69	T. CULTIVO
325	622259.56	9258894.504	16.96	CALLE
326	622254.33	9258895.988	17.03	CALLE
327	622278.17	9258946.185	17.04	CALLE
328	622285.52	9258945.357	16.76	T. CULTIVO
329	622268.15	9258947.604	17.15	CALLE
330	622264.56	9258948.015	17.17	CALLE
331	622272.77	9258975.976	17.15	CALLE
332	622268.77	9258976.523	17.18	CALLE
333	622287.03	9258995.242	17.08	CALLE
334	622282.04	9258996.705	17.06	CALLE
335	622290.19	9258994.35	17.09	CALLE
336	622294.13	9258993.329	17.13	T. CULTIVO
337	622276.76	9258998.121	17.1	CALLE
338	622270.57	9258999.655	17.14	CALLE
339	622290.65	9259008.381	17.02	CALLE
340	622294.02	9259007.589	17.05	CALLE
341	622285.99	9259009.313	16.98	CALLE
342	622279.84	9259010.135	16.95	CALLE
343	622272.08	9259010.86	16.92	CALLE
344	622299.73	9259005.757	17.1	T. CULTIVO
345	622251.45	9258786.367	17.19	CALLE
346	622240.34	9258788.015	17.23	CALLE
347	622238.98	9258783.456	17.12	CALLE
348	621851.89	9258841.472	16.63	BM-3
349	622255.40	9258763.945	17.65	CALLE

350	622261.96	9258771.902	17.62	CALLE
351	622243.02	9258774.337	17.19	CALLE
352	622239.21	9258777.654	17.11	CALLE
353	622223.84	9258775.783	16.96	CALLE
354	622223.40	9258771.356	17.06	CALLE
355	622017.65	9258812.088	16.923	T. CULTIVO
356	622290.13	9258973.533	16.984	T. CULTIVO
357	622223.32	9258767.619	17.07	CALLE
358	622222.60	9258763.075	17.23	CALLE
359	622224.22	9258779.155	16.88	CALLE
360	622236.55	9258780.882	17.069	CALLE
361	622256.05	9258826.087	16.8	CALLE
362	622256.80	9258774.465	17.679	CALLE
363	622248.45	9258770.697	17.33	CALLE
364	622209.48	9258780.839	16.96	CALLE
365	622210.09	9258785.11	16.91	CALLE
366	622200.44	9258778.194	16.89	CALLE
367	622200.18	9258773.349	16.94	CALLE
368	622200.57	9258768.661	16.95	CALLE
369	622200.05	9258764.241	16.91	B. DE CALLE
370	622201.32	9258783.969	16.9	CALLE
371	622202.13	9258788.172	16.93	B. DE CALLE
372	622191.69	9258779.435	16.86	CALLE
373	622190.71	9258774.472	16.9	CALLE
374	622190.19	9258770.976	17.26	CALLE
375	622190.55	9258764.649	17.36	B. DE CALLE

376	622194.15	9258790.819	16.94	B. DE CALLE
377	622197.94	9258812.874	16.83	B. DE CALLE
378	622208.85	9258812.016	16.69	B. DE CALLE
379	622199.33	9258739.371	16.96	B. DE CALLE
P	E	N	Z	D
380	622189.44	9258739.553	17.12	B. DE CALLE
381	622156.87	9258784.242	16.83	CALLE
382	622156.24	9258778.387	16.87	CALLE
383	622155.65	9258775.196	17.06	CALLE
384	622155.37	9258770.734	17.1	CALLE
385	622158.25	9258791.513	16.92	CALLE
386	622159.53	9258795.86	16.98	CALLE
387	622142.82	9258793.068	17.21	CALLE
388	622144.72	9258798.374	17.23	CALLE
389	622141.30	9258785.58	16.93	CALLE
390	622140.77	9258780.235	16.91	CALLE
391	622140.38	9258776.885	17.14	CALLE
392	622139.79	9258771.833	17.21	CALLE
393	622094.10	9258790.66	16.61	CALLE
394	622093.45	9258785.571	16.58	CALLE
395	622095.70	9258797.124	16.69	CALLE
396	622096.16	9258805.481	16.59	B. DE CALLE
397	622106.46	9258805.233	16.71	B. DE CALLE
398	622093.00	9258782.275	16.69	CALLE
399	622092.30	9258777.929	16.74	CALLE
400	622079.93	9258784.085	16.72	CALLE

401	622080.69	9258787.294	16.62	CALLE
402	622081.59	9258792.113	16.64	CALLE
403	622080.52	9258799.476	16.71	CALLE
404	622081.58	9258808.529	16.76	CALLE
405	622079.78	9258777.727	16.76	CALLE
406	622101.26	9258789.798	16.57	CALLE
407	622103.73	9258796.14	16.63	CALLE
408	622101.13	9258784.554	16.61	CALLE
409	622101.00	9258781.502	16.72	CALLE
410	622100.68	9258777.18	16.77	CALLE
411	622105.62	9258845.351	16.52	B. DE CALLE
412	622114.16	9258844.088	16.58	B. DE CALLE
413	622116.71	9258779.705	17.03	CALLE
414	622115.96	9258775.684	17.1	CALLE
415	622117.44	9258782.978	16.72	CALLE
416	622118.49	9258787.94	16.67	CALLE
417	622121.42	9258795.136	16.73	CALLE
418	622123.83	9258801.916	16.75	CALLE
419	621502.10	9258930.193	16.47	CALLE
420	621508.81	9258929.337	16.43	CALLE
421	621516.94	9258928.534	16.31	CALLE
422	621531.79	9258926.694	16.32	CALLE
423	621544.51	9258925.901	16.4	B. DE CALLE
424	621551.28	9258915.698	16.38	CALLE
425	621549.74	9258906.21	16.43	CALLE
426	621549.70	9258902.709	16.51	CALLE

427	621548.90	9258899.079	16.55	CALLE
428	621553.23	9258924.618	16.47	B. DE CALLE
429	621579.85	9258900.87	16.29	CALLE
430	621565.99	9258903.405	16.25	CALLE
431	621581.87	9258909.896	16.33	CALLE
432	621568.49	9258912.228	16.33	CALLE
433	621569.66	9258915.335	16.39	CALLE
434	621570.27	9258919.737	16.42	CALLE
435	621584.07	9258916.53	16.53	CALLE
436	621572.53	9258864.533	16.28	B. DE CALLE
437	621547.25	9258867.616	16.22	B. DE CALLE
438	621560.42	9258865.79	16.24	B. DE CALLE
439	621593.99	9258908.126	16.26	CALLE
440	621594.72	9258911.353	16.35	CALLE
441	621595.89	9258916.068	16.41	CALLE
442	621593.37	9258933.976	16.12	B. DE CALLE
443	621600.61	9258933.243	15.95	B. DE CALLE
444	621596.65	9258955.594	16.25	B. DE CALLE
445	621603.98	9258954.769	16.22	B. DE CALLE
446	621644.29	9258949.075	16.3	B. DE CALLE
447	621654.27	9258948.221	16.31	B. DE CALLE
448	621693.29	9258932.916	16.12	B. DE CALLE
449	621705.23	9258930.774	16.09	B. DE CALLE
450	621775.58	9258918.001	16.2	B. DE CALLE
451	621763.72	9258918.78	16.25	B. DE CALLE
452	621796.57	9258913.806	16.28	CALLE

453	621802.22	9258913.357	16.23	CALLE
454	621751.50	9258824.52	16.45	B. DE CALLE
455	621762.56	9258823.254	16.48	B. DE CALLE
456	621699.87	9258837.131	16.23	CALLE
457	621711.29	9258835.95	16.18	CALLE
458	621610.43	9258894.893	16.29	CALLE
459	621612.35	9258904.656	16.3	CALLE
460	621609.87	9258891.823	16.39	CALLE
461	621615.16	9258911.692	16.46	CALLE
462	621590.53	9258891.232	16.3	CALLE
463	621578.14	9258892.222	16.42	B. DE CALLE
464	621564.10	9258893.81	16.31	B. DE CALLE
465	622252.04	9258768.13	17.7	BM - 4
466	621634.17	9258899.894	16.28	CALLE
467	621632.22	9258890.602	16.3	CALLE
468	621631.47	9258887.628	16.48	CALLE
469	621629.35	9258882.783	16.53	CALLE
470	621636.09	9258908.869	16.46	B. DE CALLE
471	621641.30	9258889.159	16.33	CALLE
472	621642.94	9258898.922	16.37	CALLE
473	621643.53	9258901.865	16.59	CALLE
474	621645.92	9258908.4	16.63	B. DE CALLE
475	621640.99	9258885.89	16.43	CALLE
476	621639.80	9258881.724	16.51	CALLE
477	621656.38	9258896.499	16.26	CALLE
478	621654.40	9258886.638	16.27	CALLE

479	621654.07	9258883.51	16.45	CALLE
480	621657.09	9258899.078	16.38	CALLE
481	621657.77	9258904.542	16.43	CALLE
482	621684.19	9258891.188	16.39	CALLE
483	621682.04	9258881.615	16.38	CALLE
484	621681.41	9258878.396	16.49	CALLE
485	621680.44	9258873.823	16.52	CALLE
486	621685.13	9258893.822	16.47	CALLE
487	621686.80	9258899.208	16.51	B. DE CALLE
488	621693.91	9258878.8	16.42	CALLE
489	621696.34	9258888.581	16.4	CALLE
490	621697.46	9258892.264	16.37	CALLE
491	621698.65	9258898.632	16.32	B. DE CALLE
492	621693.17	9258875.589	16.44	CALLE
493	621717.95	9258873.405	16.41	CALLE
494	621720.21	9258883.718	16.38	CALLE
495	621721.34	9258887.148	16.42	CALLE
496	621722.44	9258892.658	16.49	CALLE
497	621717.45	9258868.897	16.58	CALLE
498	621716.17	9258861.742	16.61	CALLE
499	621756.08	9258875.829	16.37	CALLE
500	621752.13	9258866.671	16.39	CALLE
501	621757.38	9258882.206	16.42	CALLE
502	621750.76	9258860.855	16.54	CALLE
503	621748.14	9258856.009	16.59	CALLE
504	621758.70	9258888.147	16.51	B. DE CALLE

505	621737.57	9258879.761	16.36	CALLE
506	621735.95	9258869.745	16.4	CALLE
507	621739.46	9258884.496	16.43	CALLE
508	621734.92	9258864.595	16.49	CALLE
509	621733.92	9258859.112	16.53	CALLE
510	621740.70	9258888.396	16.49	CALLE
511	621763.60	9258860.459	16.39	CALLE
512	621764.77	9258871.722	16.41	CALLE
513	621766.88	9258880.431	16.32	CALLE
514	621768.11	9258887.947	16.29	B. DE CALLE
515	621762.44	9258849.903	16.42	CALLE
516	621762.14	9258843.246	16.49	B. DE CALLE
517	621776.90	9258853.158	16.49	CALLE
518	621780.55	9258862.299	16.38	CALLE
519	621782.28	9258876.463	16.29	CALLE
520	621782.71	9258882.532	16.31	CALLE
521	621776.75	9258847.376	16.53	CALLE
522	621776.99	9258842.952	16.58	CALLE
523	621608.06	9258887.193	16.43	CALLE
524	621653.24	9258879.377	16.53	CALLE
525	621691.27	9258870.8	16.55	CALLE
526	621832.93	9258839.969	16.48	CALLE
527	621833.95	9258851.96	16.53	CALLE
528	622208.78	9258766.166	16.9	CALLE
529	622208.53	9258769.27	16.87	CALLE
530	622208.70	9258772.672	16.91	CALLE

531	622208.88	9258777.389	16.93	CALLE
532	622224.77	9258783.198	16.92	CALLE
533	621867.88	9258847.674	16.52	CALLE
534	621472.71	9258935.01	16.43	CALLE
535	621313.19	9258957.501	16.29	CALLE
536	621307.47	9258958.741	16.31	CALLE
537	621308.05	9258963.348	16.401	CALLE

PUNTOS DE POSTES OBTENIDOS CON ESTACION TOTAL (131)

P	E	N	Z	Descripción
1	621407.1421	9258944.2093	16.4370	POSTE
2	621403.2879	9258945.2153	16.4570	POSTE
3	621393.3901	9258947.4461	16.4770	POSTE
4	621373.9395	9258951.1661	16.4630	POSTE
5	621366.8967	9258952.5455	16.4860	POSTE
6	621345.2736	9258957.0062	16.4720	POSTE
7	621316.8261	9258962.6957	16.4590	POSTE
8	621325.9407	9258939.1835	16.2800	POSTE
9	621346.7118	9258935.6049	16.0140	POSTE
10	621411.1240	9258925.5922	16.2480	POSTE
11	621421.5843	9258924.1045	16.3950	PAP
12	621430.1745	9258922.3024	16.4450	PAP
13	621437.8851	9258920.3573	16.3010	POSTE
14	621438.3831	9258936.8447	16.2280	POSTE
15	621450.9592	9258919.3161	16.3930	POSTE

16	621451.7921	9258919.3986	16.3610	POSTE
17	621453.5376	9258935.1320	16.4500	POSTE
18	621460.5785	9258917.3353	16.4020	POSTE
19	621468.2244	9258932.7458	16.4540	POSTE
20	621480.6046	9258914.8597	16.4460	POSTE
21	621468.3756	9258932.3244	16.3850	POSTE
22	621477.4527	9258931.5241	16.4710	POSTE
23	621487.4260	9258931.7062	16.5040	POSTE
24	621479.0458	9258923.2774	16.6850	POSTE
25	621364.2568	9258931.3449	15.8780	POSTE
26	621389.8294	9258938.2173	16.3210	POSTE
27	621402.7396	9258926.5957	16.2240	POSTE
28	621403.8026	9258926.7284	16.2160	POSTE
29	621506.8398	9258926.8245	16.4000	POSTE
30	621514.5386	9258925.5418	16.2820	POSTE
31	621530.8016	9258922.3309	16.2830	POSTE
32	621538.7098	9258921.3895	16.4760	POSTE
33	621542.2325	9258920.1434	16.3630	POSTE
34	621515.6602	9258908.4696	16.4670	POSTE
35	621516.6154	9258908.9765	16.4630	POSTE
36	621539.1010	9258905.3628	16.5000	POSTE
37	621545.9148	9258903.5220	16.4990	POSTE
38	621548.5635	9258903.7531	16.5070	POSTE
39	621550.6567	9258902.6722	16.5140	POSTE
40	621523.2332	9258916.0455	16.4370	POSTE
41	621585.6850	9258897.9469	16.2700	POSTE

42	621580.2086	9258899.0410	16.3640	POSTE
43	621580.2818	9258898.1340	16.3540	POSTE
44	621605.1831	9258893.9600	16.3870	POSTE
45	621607.5158	9258893.5098	16.3940	POSTE
46	621617.1001	9258891.6088	16.3880	POSTE
47	621618.7616	9258891.5972	16.4760	POSTE
48	621602.4420	9258909.7177	16.3750	POSTE
49	621605.0716	9258909.0232	16.1940	POSTE
50	621646.5541	9258885.9284	16.2610	POSTE
51	621656.0702	9258883.6332	16.5040	POSTE
52	621618.4785	9258899.1933	16.2850	POSTE
53	621638.8200	9258904.1413	16.3680	POSTE
54	621623.5892	9258905.0563	16.2230	POSTE
55	621622.2546	9258905.7843	16.2190	POSTE
56	621628.4921	9258904.8550	16.1870	POSTE
57	621633.2152	9258904.1804	16.3800	POSTE
58	621645.3927	9258901.6806	16.3080	POSTE
59	621654.5677	9258900.1144	16.4420	POSTE
60	621652.5351	9258892.7639	16.4770	POSTE
61	621661.3476	9258899.0237	16.4540	POSTE
62	621680.6319	9258895.2802	16.4520	POSTE
63	621684.2123	9258894.7796	16.4410	POSTE
64	621680.6843	9258887.1446	16.3920	POSTE
65	621674.4036	9258879.6271	16.5240	POSTE
66	621685.5571	9258877.9900	16.4640	POSTE
67	621692.5981	9258893.4649	16.2280	POSTE

68	621698.5855	9258889.7583	16.2970	POSTE
69	621698.6158	9258889.7517	16.2970	POSTE
70	621692.5981	9258893.4649	16.2280	POSTE
71	621703.6406	9258891.0462	16.4270	POSTE
72	621704.1347	9258889.7737	16.4470	POSTE
73	621695.2217	9258875.7026	16.4080	POSTE
74	621713.3230	9258889.3022	16.3730	POSTE
75	621685.6018	9258878.0845	16.3580	POSTE
76	621720.0213	9258878.2235	16.5180	POSTE
77	621717.6620	9258868.0328	16.5660	POSTE
78	621719.7445	9258868.6272	16.5540	POSTE
79	621721.0567	9258868.4964	16.3320	POSTE
80	621770.5087	9258876.5642	16.2530	POSTE
81	621772.5114	9258855.4675	16.4250	POSTE
82	621774.8043	9258852.7461	16.3930	POSTE
83	621775.5923	9258920.1778	16.1950	PMT
84	621780.8931	9258875.1795	16.2750	PMT
85	621789.4572	9258874.8555	16.2310	POSTE
86	621792.4761	9258877.3793	16.2790	POSTE
87	621796.0014	9258851.6028	16.4950	POSTE
88	621816.9584	9258847.7504	16.5270	POSTE
89	621818.2403	9258848.5713	16.4790	POSTE
90	621849.0509	9258855.8418	16.6200	POSTE
91	621841.8088	9258844.1339	16.6330	POSTE
92	621847.2597	9258841.5481	16.6350	TRANFORMADOR
93	621855.8537	9258842.7679	16.6520	POSTE

94	621863.0268	9258841.9717	16.7150	POSTE
95	621869.1648	9258839.8198	16.8590	POSTE
96	621874.5258	9258841.4187	16.8650	POSTE
97	621888.9447	9258834.5807	16.6990	POSTE
98	621817.5306	9258860.2974	16.6750	POSTE
99	621924.0985	9258840.0045	16.9950	POSTE
100	621922.1207	9258827.1055	16.5930	POSTE
101	621866.1945	9258838.3504	16.7500	POSTE
102	621955.3207	9258818.5765	16.5960	POSTE
103	621989.0267	9258809.7563	16.6690	POSTE
104	621982.5784	9258811.3468	16.6050	POSTE
105	621992.6575	9258801.6889	16.6670	POSTE
106	621998.6460	9258799.6525	16.6730	POSTE
107	621986.0875	9258826.9938	16.8270	POSTE
108	622013.1266	9258800.9375	16.6570	POSTE
109	622031.2634	9258806.2697	16.6730	PAT
110	622044.3782	9258789.4675	16.8200	POSTE
111	622075.8820	9258785.1510	16.7200	POSTE
112	622060.5541	9258775.7382	16.7740	POSTE
113	622077.9480	9258795.8432	16.8180	POSTE
114	622095.1199	9258793.0293	16.8920	POSTE
115	622093.9245	9258803.9781	16.9590	POSTE
116	622111.7615	9258780.0692	17.0420	POSTE
117	622123.8177	9258798.9245	16.9390	POSTE
118	622112.3537	9258780.3375	17.0300	POSTE
119	622149.1860	9258794.4010	17.2070	POSTE

120	622148.4530	9258775.8481	17.0610	POSTE
121	622204.1804	9258792.6133	16.8950	POSTE
122	622210.9691	9258783.6141	16.9610	POSTE
123	622221.4950	9258767.3193	17.0550	POSTE
124	622235.3013	9258779.7412	17.0690	POSTE
125	622242.8980	9258795.8207	16.8910	POSTE
126	622262.9059	9258775.4962	17.6790	POSTE
127	622244.0415	9258806.2363	17.0720	POSTE
128	622249.7280	9258850.3402	17.2230	POSTE
129	622271.0887	9258872.3408	17.1490	POSTE
130	622254.4747	9258885.8397	17.1910	POSTE
131	622259.4622	9258920.0707	17.1780	POSTE

**PUNTOS DE BUZONES EXISTENTES (Bz), OBTENIDOS CON ESTACION
TOTAL (30)**

P	E	N	Z	Descripción
1	621505.7791	9258918.0940	16.4000	Bz
2	621487.4982	9258920.5048	16.4010	Bz
3	621506.4053	9258914.2280	16.3590	Bz
4	621499.2334	9258863.8672	16.1510	Bz
5	621556.7229	9258963.2440	16.3160	Bz
6	621552.5484	9258935.4830	16.3520	Bz
7	621599.7344	9258949.5694	16.1570	Bz
8	621592.4139	9258900.8454	16.2170	Bz
9	621639.5247	9258891.8667	16.3330	Bz

10	621638.5580	9258890.4584	16.3260	Bz
11	621692.8611	9258880.7318	16.4210	Bz
12	621700.9390	9258937.6583	16.2050	Bz
13	621707.3542	9258829.3857	16.1850	Bz
14	621713.3835	9258889.0706	16.3490	Bz
15	621712.0297	9258876.4153	16.3460	Bz
16	621739.0457	9258882.8022	16.4300	Bz
17	621730.1969	9258865.9396	16.5250	Bz
18	621745.1895	9258883.1520	16.4420	Bz
19	621750.0674	9258860.8947	16.5670	Bz
20	621750.7650	9258882.1059	16.4310	Bz
21	621753.3140	9258859.7181	16.5400	Bz
22	621758.0878	9258880.0076	16.3950	Bz
23	621748.9717	9258870.8807	16.3710	Bz
24	621802.7251	9258920.9921	16.1720	Bz
25	621833.3892	9258852.0535	16.4960	Bz
26	621906.4554	9258839.6557	16.5930	Bz
27	621929.9646	9258830.0442	16.4820	Bz
28	622049.3489	9258797.3275	16.7690	Bz
29	622099.7069	9258791.6401	16.5740	Bz
30	622108.0105	9258839.4903	16.5160	Bz

PUNTOS DE PISOS DE CASA OBTENIDOS CON ESTACION TOTAL (87)

P	E	N	Z	D
1	621322.5794	9258937.7483	16.4470	PC1
2	621340.5543	9258934.9297	16.2890	PC2
3	621387.6365	9258924.6351	16.1880	PC3
4	621404.5865	9258946.7014	16.5770	PC4
5	621412.1601	9258945.5492	16.5970	PC5
6	621340.5185	9258959.3455	16.3690	PC6
7	621368.0770	9258953.6226	16.4860	PC7
8	621401.8921	9258925.0229	16.2190	PC8
9	621408.2288	9258924.0634	16.4240	PC9
10	621434.6952	9258919.7607	16.3070	PC10
11	621449.6040	9258917.2750	16.4530	PC11
12	621456.8142	9258916.1355	16.3960	PC12
13	621465.2793	9258914.7617	16.3530	PC13
14	621471.5715	9258913.7017	16.6130	PC14
15	621477.8295	9258912.6908	16.5940	PC15
16	621483.0630	9258911.8964	16.4440	PC16
17	621488.0766	9258911.1239	16.5440	PC17
18	621497.4373	9258909.5675	16.5310	PC18
19	621433.4541	9258940.5002	16.6000	PC19
20	621451.5718	9258937.2202	16.4500	PC20
21	621458.1280	9258936.1871	16.5700	PC21
22	621466.5357	9258934.7745	16.8700	PC22
23	621472.3990	9258933.9577	16.5540	PC23

24	621485.0681	9258931.7838	16.5460	PC24
25	621501.4493	9258930.4389	16.4840	PC25
26	621507.2992	9258928.0486	16.4500	PC26
27	621514.9417	9258926.9543	16.5970	PC27
28	621544.1901	9258921.3525	16.7080	PC28
29	621538.2034	9258922.4386	16.4260	PC29
30	621530.7095	9258923.8090	16.4770	PC30
31	621553.3834	9258920.3838	16.5420	PC31
32	621561.9284	9258918.4498	16.3220	PC32
33	621567.2843	9258917.9685	16.4320	PC33
34	621574.4510	9258917.3117	16.4800	PC34
35	621589.1612	9258915.9031	16.6260	PC35
36	621598.5778	9258912.8818	16.4920	PC36
37	621548.6511	9258901.3352	16.5350	PC37
38	621539.1689	9258902.9063	16.5990	PC38
39	621528.7247	9258904.6761	16.5260	PC39
40	621514.9486	9258906.7239	16.5170	PC40
41	621606.2710	9258891.4432	16.3470	PC41
42	621617.5245	9258889.1329	16.5260	PC42
43	621702.3512	9258872.1176	16.5760	PC43
44	621691.2698	9258874.2922	16.5760	PC44
45	621680.5231	9258876.4598	16.5350	PC45
46	621671.7402	9258878.1938	16.5240	PC46
47	621662.2939	9258880.1260	16.6740	PC47
48	621634.7614	9258885.6092	16.5100	PC48
49	621643.5963	9258883.8581	16.4800	PC49

50	621656.4497	9258881.3657	16.6540	PC50
51	621649.3768	9258882.7380	16.6240	PC51
52	621654.1112	9258881.8408	16.6040	PC52
53	621614.1467	9258909.4049	16.4010	PC53
54	621633.7269	9258904.9818	16.5320	PC54
55	621621.6893	9258907.7021	16.4010	PC55
56	621628.5069	9258906.1100	16.4010	PC56
57	621648.0494	9258902.5469	16.3120	PC58
58	621664.9196	9258899.6120	16.4470	PC59
59	621672.9314	9258898.2219	16.4470	PC60
60	621685.6479	9258895.8676	16.6220	PC61
61	621733.5917	9258887.3020	16.5800	PC62
62	621743.8674	9258885.8838	16.4420	PC63
63	621835.8234	9258866.3311	16.5330	PC64
64	621712.7238	9258890.1166	16.3730	PC65
65	621726.5237	9258888.2531	16.2580	PC66
66	621775.2120	9258886.6811	16.2530	PC67
67	621729.6336	9258864.3489	16.5560	PC68
68	621751.9346	9258858.8269	16.5930	PC69
69	621831.5857	9258840.9607	16.4740	PC70
70	621928.8033	9258818.7211	16.6270	PC71
71	622023.8720	9258787.7925	16.6420	PC72
72	622106.8167	9258777.3176	17.0920	PC73
73	622180.3334	9258766.4795	17.3650	PC78
74	622166.2035	9258767.4551	17.0470	PC79
75	622139.2193	9258772.4756	17.1430	PC80

76	622154.7279	9258770.3663	16.9350	PC81
77	622121.2456	9258775.3917	17.0170	PC82
78	622093.9701	9258779.0764	16.9250	PC83
79	622080.8374	9258780.9622	16.8090	PC84
80	622065.9714	9258783.0728	16.6970	PC85
81	622130.9601	9258800.0406	17.6970	PC87
82	622144.7389	9258797.4124	16.9230	PC88
83	622153.3721	9258795.8857	16.9830	PC89
84	622178.9285	9258790.9198	16.9600	PC90
85	622217.8142	9258763.9370	17.2310	PC91
86	622234.2774	9258763.5403	17.2860	pc92
87	622225.0937	9258763.8741	17.2140	PC93

COTAS OBTENIDOS CON NIVEL TOPOGRÁFICO (60)

NIVELACIÓN DE EJE DE TERRENO AV. ANDRES AVELINO CACERES

ESTACION	PV	DISTANCIA	DISTANCIA ACUM.	VAT	VAD	AH	COTA
A						BM1	16.42
	0	0	0	1.66	1.77	-0.11	16.31
	1	20	20		1.93	-0.27	16.15
	2	20	40		1.93	-0.27	16.15
	3	20	60		2	-0.34	16.08
	4	20	80		1.89	-0.23	16.19
	5	20	100		1.88	-0.22	16.2
	6	20	120		1.79	-0.13	16.29

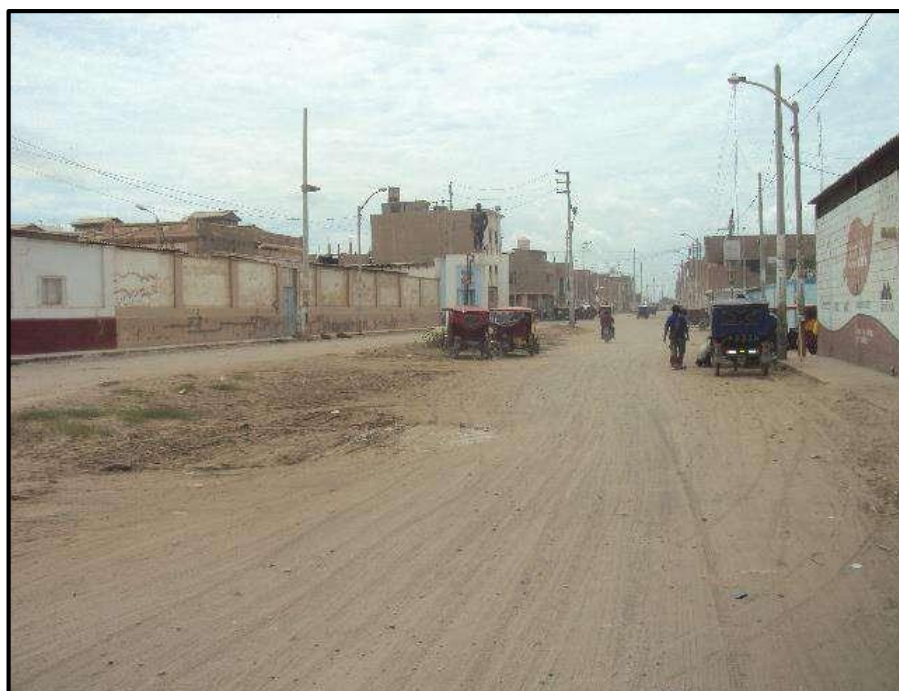
	7	20	140		1.76	-0.1	16.32
	8	20	160		1.73	-0.07	16.35
B	9	20	180	1.75	1.7	0.05	16.40
	10	20	200		1.71	0.04	16.39
	11	20	220		1.69	0.06	16.41
	12	20	240		1.72	0.03	16.38
	13	20	260		1.81	-0.06	16.29
C	14	20	280	1.69	1.67	0.02	16.27
	15	20	300		1.7	-0.01	16.28
	16	20	320		1.69	0	16.29
	17	20	340		1.67	0.02	16.31
	18	20	360		1.66	0.03	16.32
	BM2				1.57	0.12	16.41
D	19	20	380	1.64	1.65	-0.01	16.4
	20	20	400		1.65	-0.01	16.4
	21	20	420		1.66	-0.02	16.39
	22	20	440		1.67	-0.03	16.38
	23	20	460		1.65	-0.01	16.4
E	24	20	480	1.76	1.7	0.06	16.46
	25	20	500		1.74	0.02	16.42
	26	20	520		1.74	0.02	16.42
	27	20	540		1.66	0.1	16.5
	28	20	560		1.66	0.1	16.5
	BM3				1.53	0.23	16.63
F	29	20	580	1.72	1.88	-0.16	16.47

	30	20	600		1.83	-0.11	16.52
	31	20	620		2.01	-0.29	16.34
	32	20	640		1.9	-0.18	16.45
	33	20	660		1.87	-0.15	16.48
G	34	20	680	1.81	1.73	0.08	16.56
	35	20	700		1.67	0.14	16.62
	36	20	720		1.7	0.11	16.59
	37	20	740		1.56	0.25	16.73
	38	20	760		1.57	0.24	16.72
H	39	20	780	1.68	1.76	-0.08	16.64
	40	20	800		1.8	-0.12	16.60
	41	20	820		1.75	-0.07	16.65
	42	20	840		1.56	0.12	16.84
	43	20	860		1.53	0.15	16.87
I	44	20	880	1.81	1.82	-0.01	16.86
	45	20	900		1.8	0.01	16.88
	46	20	920		1.76	0.05	16.92
	47	20	940		1.58	0.23	17.10
	48	20	960		1.36	0.45	17.32
	BM4				0.98	0.83	17.70
J	49	20	980	1.22	1.79	-0.57	17.13
	50	20	1000		1.98	-0.76	16.94
	51	20	1020		2.03	-0.81	16.89
	52	20	1040		1.96	-0.74	16.96
	53	20	1060		1.95	-0.73	16.97

K	54	20	1080	1.68	1.74	-0.06	16.91
	55	20	1100		1.57	0.11	17.08
	56	20	1120		1.49	0.19	17.16
	57	20	1140		1.57	0.11	17.08
	58	20	1160		1.56	0.12	17.09
	59	20	1180		1.58	0.1	17.07
	60	12	1192		1.62	0.06	17.03

VISTAS FOTOGRÁFICAS

Visita inicial a la zona de estudio



Levantamiento Topográfico





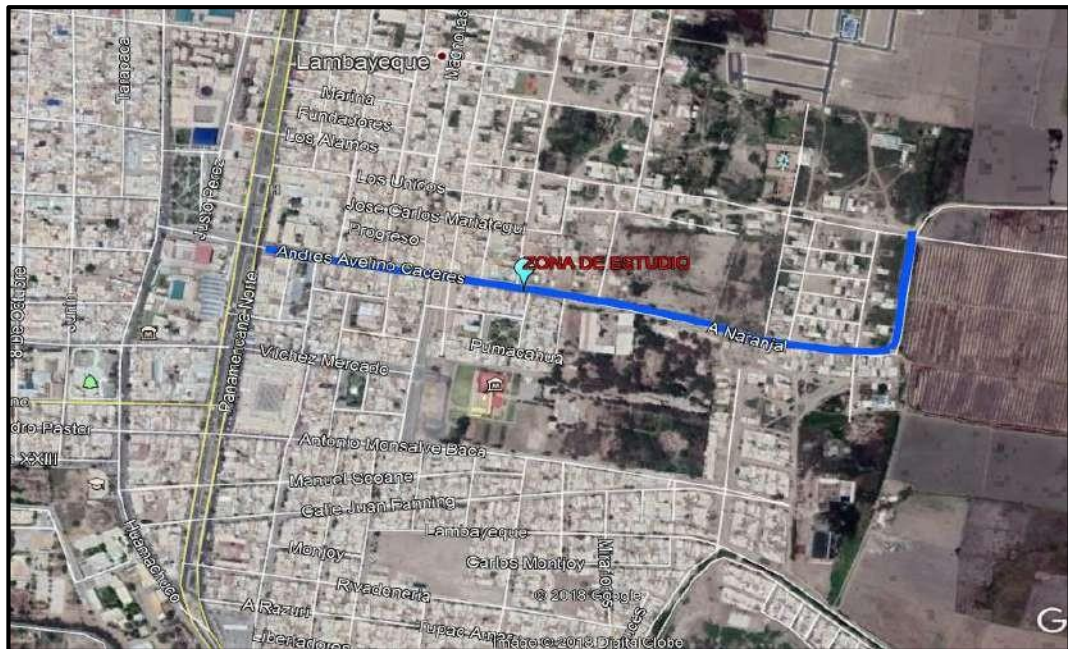


3.2. ESTUDIO TRÁFICO

3.2.1. Ubicación

La zona del proyecto se encuentra en la avenida Andrés Avelino Cáceres del Distrito de Lambayeque, ubicado a 12 km al norte de Chiclayo, el punto inicial del proyecto intersecta a la carretera Panamericana Norte a la altura del hospital Belén de Lambayeque, geográficamente entre las coordenadas UTM WGS 84: E 621312.237– N 9258952.257, hemisferio sur zona 17 M, a una altura de 16.50 msnm.

Figura N° 3.01: Ubicación de la Av. Andrés Avelino Cáceres



3.2.2. Alcance del trabajo

Consta de tres Etapas:

Planificación.

Etapas de Campo.

Etapas de Gabinete.

1. Planificación

Con el propósito de obtener información más exacta y evitar la evasión de vehículos, se seleccionó dos estaciones para el conteo del Tráfico,

para el procesamiento de datos se utilizó la estación que arrojó un mayor valor.

2. Etapa de campo

Conteos de Tráfico

El conteo de volumen y clasificación se realizaron las 24 horas del día, entre los días lunes 02 al domingo 08 de julio del año 2018, durante 7 días, incluyendo días laborales y un fin de semana, en los cuales se contaron los vehículos según hora de paso y fueron clasificados en:

Vehículos ligeros : Automóviles (AP), Camionetas (AC),
Combis rurales (AC).

Vehículos Pesados : Camión de 2 ejes (C2), camión de 3 ejes
(C3), camión de 6 ejes (T3S3).

3. Etapa de gabinete

Se extrajo la información de conteo de vehículos de manera horaria los 7 días de la semana, teniendo en cuenta la configuración vehicular.

Se realizó la revisión y consistencia de los datos de campo.

Se elaboraron cuadros y gráficos de las variaciones diarias y horarias y clasificación vehicular.

Se selecciona el Factor de Corrección y se justifica, en base a la información existente en las publicaciones del MTC o en datos de peajes cercanos, para el presente estudio se ha utilizado lo factores de corrección del MTC del peaje de Mocce-Lambayeque, por ser el más cercano a la zona de estudio.

Se efectúa el cálculo del índice medio semanal (IMDs) y luego el índice medio anual (IMDa).

3.2.3. Análisis de tráfico

3.2.3.1. Ubicación de la estación de control

La estación seleccionada se ubica en el cruce de la avenida Andrés Avelino Cáceres y la Avenida Juan Pablo Vizcardo y Guzmán, se ha seleccionado este punto debido a que en esta intersección existe significativo flujo vehicular, proveniente del museo tumbas reales del señor de Sipán.

3.2.3.2. Metodología usada

Los datos obtenidos del conteo Vehicular se analizaron y procesaron en formato Excel, verificando el volumen de tránsito por tipo de vehículo para cada hora en ambos sentidos, a fin de procesar la información.

Una vez obtenido el resultado de volumen promedio de tránsito, por tipo de vehículo por cada hora en ambos sentidos, se calculó la variación horaria, clasificación vehicular, Índice Medio Diario Semanal (IMDs) y el Índice Medio Diario Anual (IMDa) determinados por las siguientes fórmulas:

$$IMD_a = IMD_s * FC$$
$$IMD_s = \frac{V_i}{7}$$

Dónde:

IMDs = Índice Medio Diario Semanal de la muestra tomada.

IMDa = Índice Medio Anual.

V_i = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo

FC = Factor de corrección estacional.

3.2.3.3. Factores de corrección

Para el presente estudio, los factores de corrección se tomaron datos de la Estación Mocce, tanto para vehículos ligeros como para vehículos pesados y se ubica a 4.00 km aproximadamente de la zona de estudio:

Factor de Corrección Estacional

FACTORES DE CORRECCION MAYO	
F.C Vehículos livianos	1.088704427
F.C Vehículos pesados	1.035492657

Fuente: Información de Peaje Mocce-Provias Nacional MTC 2000-2010

3.2.3.4. Resultados obtenidos








Luego de realizarse el procesamiento de la información obtenida producto del conteo vehicular horario por el lapso de una semana se ha obtenido el volumen de tráfico para cada día de la semana, índice medio diario semanal (IMDs) e índice medio anual diario (IMDa).

Para el presente estudio, no se ha tomado en consideración el tráfico de vehículos menores como motos, mototaxis, cargueras, bicicletas debido a que no generan daños al pavimento, por tanto no serán considerados en diseño estructural y urbanístico de la vía.

En el **Cuadro N° 3.01** se presenta el volumen y clasificación en ambos sentidos de circulación y por día de conteo.

Cuadro N° 3.01:

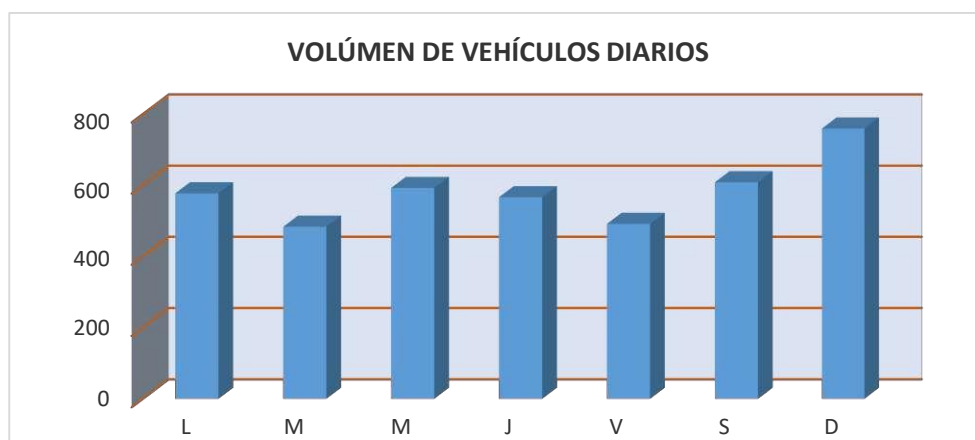
**Resultado del conteo de tráfico – Cruce de Av. Andrés Avelino
Cáceres y Av. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán**

VEHICULO				CONTEO							TOTAL SEMANAL
TIPO DE VEHICULO		COD.	GRÁFICO	L	M	M	J	V	S	D	
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	AP		229	186	208	246	187	216	224	1496
	CAMIONETA	AC		158	138	169	166	140	140	196	1107
	PICKUP			109	94	113	61	84	158	146	765
	COMBI RURAL			56	45	79	67	59	69	117	492
VEHICULOS PESADOS	CAMION 2E	C2		56	45	79	67	59	69	117	492
	CAMION 3E	C3		18	16	18	24	17	22	67	182
	CAMION 6E	T3S3		7	4	5	2	4	3	9	34
TOTAL				577	483	592	566	491	608	759	4076

Fuente: Elaborado por el investigador

Podemos observar que el flujo de tráfico es mayor el día domingo (759 vehículos), contados en ambos sentidos, y el día de menor flujo vehicular es el día martes (483 vehículos), cabe mencionar que el conteo está referido a idas y vueltas contabilizadas, independientemente si se trata del mismo vehículo o diferente.

Gráfico N° 3.01: Volumen de Vehículos diarios



Fuente: Elaborado por el investigador

3.2.3.5. Determinación del IMDa

Aplicando la metodología indicada en el numeral 3.2.2.2, se obtiene primero el IMDs que es el promedio del conteo del Tráfico Vehicular de la semana de conteo, el cual será afectado por el factor de corrección estacional (FC), tanto para vehículos ligeros y pesados, indicado en el numeral 3.2.2.3, obteniendo el índice medio diario anual (IMDa) para cada tramo en estudio.

Cuadro N° 3.02:

Promedio del Tráfico Vehicular de la Semana de Conteo (IMDs)

VEHICULO				CONTEO							TOTAL SEMANAL	IMDs	%
TIPO DE VEHICULO		COD.	GRÁFICO	L	M	M	J	V	S	D			
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	AP		229	186	208	246	187	216	224	1496	214	36.77%
	CAMIONETA PICKUP	AC		158	138	169	166	140	140	196	1107	158	27.15%
	COMBI RURAL			109	94	113	61	84	158	146	765	109	18.73%
VEHICULOS PESADOS	CAMION 2E	C2		56	45	79	67	59	69	117	492	70	12.03%
	CAMION 3E	C3		18	16	18	24	17	22	67	182	26	4.47%
	CAMION 6E	T3S3		7	4	5	2	4	3	9	34	5	0.86%
TOTAL				577	483	592	566	491	608	759	4076	582	100%

Fuente: Elaborado por el investigador

Cuadro N° 3.03: Determinación del IMDa, Av. Andrés Avelino Cáceres

VEHICULO				CONTEO							TOTAL SEMANAL	IMDs	Fc	IMDa	%
TIPO DE VEHICULO		COD.	GRÁFICO	L	M	M	J	V	S	D					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	AP		229	186	208	246	187	216	224	1496	214	1.02098	218	36.89%
	CAMIONETA PICKUP	AC		158	138	169	166	140	140	196	1107	158	1.02098	161	27.24%
	COMBI RURAL			109	94	113	61	84	158	146	765	109	1.02098	111	18.78%
VEHICULOS PESADOS	CAMION 2E	C2		56	45	79	67	59	69	117	492	70	0.99351	70	11.84%
	CAMION 3E	C3		18	16	18	24	17	22	67	182	26	0.99351	26	4.40%
	CAMION 6E	T3S3		7	4	5	2	4	3	9	34	5	0.99351	5	0.85%
TOTAL				577	483	592	566	491	608	759	4076	582		591	100%

Fuente: Elaborado por el investigador

Por lo tanto, para el presente estudio:

- **IMDs = 582 Veh. /día**
- **IMDa = 591 Veh. /día**

3.2.3.6. Análisis de la variación diaria

En el cuadro siguiente, se presentan la variación diaria del volumen de tráfico de estación de control seleccionada.

El mayor volumen de tráfico se presenta el día domingo con 759 Vehículos que representan el 14.16% del Volumen Vehicular Total y el menor volumen de tráfico se presentan el día martes con 483 Vehículos que representan el 11.85 % del Volumen Vehicular Total.

Cuadro N° 3.04: Volumen Vehicular Diario

DIA	Vol. Veh/día	%
LUNES	577	14.16%
MARTES	483	11.85%
MIERCOLES	592	14.52%
JUEVES	566	13.89%
VIERNES	491	12.05%
SÁBADO	608	14.92%
DOMINGO	759	18.62%
TOTAL	4076	100.00%

Fuente: Elaborado por el investigador

3.2.3.7. Clasificación vehicular

CUADRO N° 3.05: Volumen Vehicular de Vehículos Ligeros y Pesados

DIA	LIGERO	PESADO	TOTAL
LUNES	496	81	577
MARTES	418	65	483
MIERCOLES	490	102	592
JUEVES	473	93	566
VIERNES	411	80	491
SÁBADO	514	94	608
DOMINGO	566	193	759
TOTAL	3368	708	4076
IMDa	490	101	591
%	82.91%	17.09%	100.00%

Fuente: Elaborado por el investigador

De acuerdo al Cuadro N° 3.05, la clasificación vehicular es de la siguiente manera:

- **Vehículos ligeros = 82.91 %**
- **Vehículos pesados = 17.09 %**

3.2.4. Demanda del transporte

3.2.4.1. Tipos de tráfico

Según su naturaleza existen tres tipos de tráficos:

- Tráfico normal.
- Tráfico generado.
- Tráfico desviado.

Tráfico normal, corresponde a aquel que circula por la vía, cuyo crecimiento está considerado en el ESALs de diseño.




Tráfico Generado, Son aquellos volúmenes de tráfico adicionales que normalmente circulaban por otro medio de transporte, o aun de aquellos tramos carreteros que se conectan al nuevo proyecto. No es aplicable para el presente estudio.

Tráfico Desviado, generalmente se aplican estos conceptos a volúmenes vehiculares que circulan por otros tramos carreteros y que ahora son desviados hacia el nuevo proyecto. Para el presente proyecto este tipo de tráfico no existe.

En los Cuadros **3.06** y **3.07** se presenta la demanda de tráfico actual y proyectada respectivamente, esta ha sido calculada a 20 años que es la vida útil del proyecto.

Demanda Actual

Cuadro N° 3.06:
Tráfico actual por tipo de vehículo

VEHICULO					AJUSTE POR PESO IMDa
TIPO DE VEHICULO		COD.	GRÁFICO	IMDa	
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	AP		218	
	CAMIONETA PICKUP	AC		161	
	COMBI RURAL			111	
VEHICULOS PESADOS	CAMION 2E	C2		70	80
	CAMION 3E	C3		26	29
	CAMION 6E	T3S3		5	11
TOTAL				591	120

Fuente: Elaborado por el investigador

Para el análisis de tráfico con fines de diseño del pavimento, se realizará un ajuste en lo vehículos pesados, ya que existe alto porcentaje de vehículos ligeros que no generan impacto en el pavimento pero que constantemente circulan por la vía, por ello se ha afectado esta cantidad de vehículos en función del peso. **(Cuadro N°3.06).**

Demanda proyectada

Para la demanda proyectada se ha utilizado los vehículos pesados C2, C3 y T3S3, se ha calculado el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

R = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

Para nuestro análisis se considera la tasa de crecimiento anual para vehículos de carga (Vehículo pesado), la tasa de crecimiento económico regional INEI de **(3.0%)**.

Conociendo el **IMDa = 120 Veh. /día. (Cuadro N°3.06)**

Para: n = 20 años

r1 = 3.0%, para vehículos pesados

La proyección de la demanda de tránsito normal se muestra en el presente cuadro.

CUADRO N° 3.07

Proyección de la demanda del Tránsito IMDa Total

VEHICULO				AÑOS																				
TIPO VEH.	GRÁFICO	COD.	GRÁFICO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TRAFICO PROYECTADO				120	120	123	128	131	135	140	144	148	152	156	162	166	171	176	182	187	193	198	204	211
VEHICULO S PESADOS	CAMION 2E	C2		80	80	82	85	87	90	93	96	98	101	104	108	111	114	117	121	125	128	132	136	140
	CAMION 3E	C3		29	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	43	44	45	47	48	49	51
	CAMION 6E	T3S3		11	11	11	12	12	12	13	13	14	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20

Fuente: Elaborado por el investigador

* T. Crecimiento Anual de vehículos de Carga = Tasa de Crecimiento económico regional = **3.00%** – INEI.

En conclusión: el flujo vehicular de la avenida Andrés Avelino Cáceres al año 20 es de 211 vehículos/día, con este valor proyectado se diseñará el pavimento.

3.2.5. Cálculo de los ejes equivalentes (Esal)

Fórmula para calcular el ESAL:

$$\text{ESAL} = (\# \text{Vehículos}) \times (\text{TF}) \times (\text{FD}) \times (\text{FC}) \times 365 \times$$

Dónde:

ESAL : Repeticiones de eje equivalente de 18,000 lbs

Veh. : Conteo Vehicular IMDs

TF : Factor Camión

FD : Factor de Dirección

FC : Factor de Carril

Fca. : Factor de Crecimiento Anual

3.2.5.1. Factor direccional y de carril

En el cuadro 3.08 se seleccionará el factor direccional y factor carril, para nuestro caso corresponde a $FD=0.50$ y de la tabla 3.09 el factor carril corresponde a $FC= 0.80$, por tratarse de una avenida con dos calzadas con separador central.

CUADRO N° 3.08

Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Numero de calzadas	Numero de sentidos	Numero de carriles por sentido	Factor direccional (Fd)	Factor Carril (FC)	Factor ponderado Fd x Fc para
1 calzada (para IMD a total de calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMD a total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: manual de Carreteras ,Suelos ,Geología y Pavimentos, sección ;suelos y Pavimentos del MTC

CUADRO N° 3.09

NUMERO CARRIL	FACTOR CARRIL
1	1.00
2	0.80 a 1.00
3	0.60 a 0.80
4	0.50 a 0.75

Fuente: AAshto, Guide for desing of pavement structures 1993, Pág. II.9

3.2.5.2. Factor de crecimiento

Para el presente estudio se ha utilizado la fórmula de progresión geométrica por separado tanto para el componente de crecimiento de tránsito de vehículos de pasajeros (vehículos ligeros) y para el componente de tránsito de vehículos de carga (vehículos pesados)

$$G = \frac{(1 + G - 1)}{G}$$

Donde:

Fca: Factor de crecimiento anual.

r : Tasa de crecimiento.

n : Periodo de diseño = **20 años.**

a) Factor de crecimiento anual económico: (para vehículos pesados)

Se utiliza la tasa de crecimiento regional (r_2) = 3.0%

Se obtiene: **Fca2 = 26.870**

3.2.5.3. Factor equivalente de carga.(LEF por sus siglas en inglés)

La conversión se hace a través de los factores equivalentes de carga (Fec), que es el número de aplicaciones ESALs aportadas por un eje determinado. Así, el Fec es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de Serviciabilidad causada por la carga de un eje estándar de 18 Kips y la carga producida por otro tipo de eje.

$$LEF = \frac{N^0 \text{ de ESALs de 80 kN que produce una pérdida de serviciabilidad}}{N^0 \text{ de ejes x kN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

CUADRO N° 3.10

Factores de carga de eje equivalente de Asphalt Institute

ASPHALT INSTITUTES EQUIVALENT AXLE LOAD FACTORS								
Axle Load (lb)	Single Axles	Tandem Axles	Tridem Axles		Axle Load (lb)	Single Axles	Tandem Axles	Tridem Axles
1000	0.00002				41000	23.27	2.29	0.54
2000	0.00018				42000	25.64	2.51	0.597
3000	0.00072				43000	28.22	2.76	0.658
4000	0.00209				44000	31	3	0.723
5000	0.005				45000	34	3.27	0.793
6000	0.01043				46000	37.24	3.55	0.868
7000	0.0196				47000	40.74	3.85	0.948
8000	0.0343				48000	44.5	4.17	1.033
9000	0.0562				49000	48.54	4.51	1.12
10000	0.0877	0.00688	0.002		50000	52.88	4.86	1.22
11000	0.1311	0.01008	0.002		51000		5.23	1.32
12000	0.189	0.0144	0.003		52000		5.63	1.43
13000	0.264	0.0199	0.005		53000		6.04	1.54
14000	0.36	0.027	0.006		54000		6.47	1.66
15000	0.478	0.036	0.008		55000		6.93	1.78
16000	0.623	0.0472	0.011		56000		7.41	1.91
17000	0.796	0.0608	0.014		57000		7.92	2.05
18000	1	0.0773	0.017		58000		8.45	2.2
19000	1.24	0.0971	0.022		59000		9.01	2.35
20000	1.51	0.1206	0.027		60000		9.59	2.51
21000	1.83	0.148	0.033		61000		10.2	2.07
22000	2.18	0.18	0.04		62000		10.84	2.85
23000	2.58	0.217	0.048		63000		11.52	3.03
24000	3.03	0.26	0.057		64000		12.22	3.22
25000	3.53	0.308	0.067		65000		12.96	3.41
26000	4.09	0.364	0.08		66000		13.73	3.62
27000	4.71	0.426	0.093		67000		14.54	3.83
28000	5.39	0.495	0.109		68000		15.38	4.05
29000	6.14	0.572	0.126		69000		16.26	4.28
30000	6.97	0.658	0.145		70000		17.19	4.52
31000	7.88	0.753	0.167		71000		18.15	4.77
32000	8.88	0.857	0.191		72000		19.16	5.03
33000	9.98	0.971	0.217		73000		20.22	5.29
34000	11.18	1.095	0.246		74000		21.32	5.57
35000	12.5	1.23	0.278		75000		22.47	5.86
36000	13.93	1.38	0.313		76000		23.66	6.15
37000	15.5	1.53	0.352		77000		24.91	6.46
38000	17.2	1.7	0.393		78000		26.22	6.78
39000	19.06	1.89	0.438		79000		27.58	7.11
40000	21.08	2.08	0.487		80000		28.99	7.45

Fuente: Factores de carga de eje equivalente de Asphalt Institute

3.2.5.4. Cálculo de Factor de camión (TF, por sus siglas en ingles)

El factor camión (TF) da una manera de expresar los niveles equivalentes de daño entre ejes, pero para el cálculo de ESALs es conveniente expresar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular, es decir los daños producidos por cada eje de un vehículo son sumados

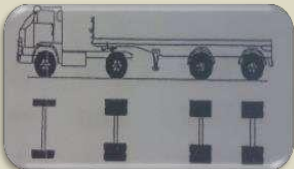

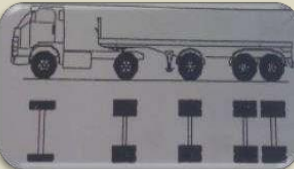

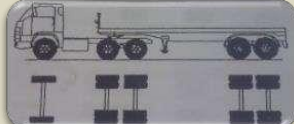
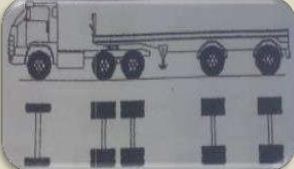
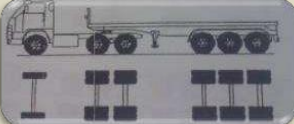
para dar el daño producido por ese vehículo. Así nace el concepto de factor camión que es definido como el número de ESALs por vehículo. El factor camión, puede ser computado para cada clasificación general de camiones o para todos los vehículos comerciales como un promedio para una configuración dada de tránsito, pero es más exacto considerar factores camión para cada clasificación general de camiones.

Configuración. Vehicular	FC	tipo de Vehículo
AP	0.000581	(Automóviles)
AC	0.025087	(Camioneta Pickup, Combi rural)

CUADRO N° 3.11

Valores de Factor Camión

Config. Vehicular	Gráfico	PESO POR EJES (Tn)		PESO EJE (lb)	FACT. CAMIÓN/EJE	FACT. CAMIÓN TOTAL
C2		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	3.695969
		2°	11	24250.6	3.1553	
C3		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	2.560401
		2°	18	39682.8	2.019732	
C4		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	1.831249
		2°	23	50705.8	1.29058	
8x4		Eje Delantero	14	30864.4	0.740118	2.75985
		2°	18	39682.8	2.019732	
T2S1		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	6.851269
		2°	11	24250.6	3.1553	
		3°	11	24250.6	3.1553	
T2S2		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	5.715701
		2°	11	24250.6	3.1553	
		3°	18	39682.8	2.019732	
T2Se2		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	10.006569
		2°	11	24250.6	3.1553	
		3°	11	24250.6	3.1553	
		4°	11	24250.6	3.1553	
		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	

T2Se2		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	10.006569
		2°	11	24250.6	3.1553	
		3°	11	24250.6	3.1553	
		4°	11	24250.6	3.1553	
T2S3		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	5.490919
		2°	11	24250.6	3.1553	
		3°	25	55115	1.79495	
T2Se3		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	8.871001
		2°	11	24250.6	3.1553	
		3°	11	24250.6	3.1553	
		4°	18	39682.8	2.019732	
T3S1		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	5.715701
		2°	18	39682.8	2.019732	
		3°	11	24250.6	3.1553	
T3S2		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	4.580133
		2°	18	39682.8	2.019732	
		3°	18	39682.8	2.019732	
T3Se2		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	8.871001
		2°	18	39682.8	2.019732	
		3°	11	24250.6	3.1553	
		4°	11	24250.6	3.1553	
T3S3		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	4.355351
		2°	18	39682.8	2.019732	
		3°	25	55115	1.79495	
		Eje Delantero	7	15432.2	0.540669	

4.1.1 Cálculo del Esal de diseño

Conociendo los datos se aplica la fórmula para calcular el **Esal**:

$$ESAL = (\#Vehículos) \times (TF) \times (FD) \times (FC) \times 365 \times$$

Veh. : Conteo Vehicular IMDs

TF : Factor camión

FD : 0.50

FC : 0.80

Fca. : 26.870

En el Cuadro N° 3.12 se muestra el cálculo del ESAL de diseño:

CUADRO N° 3.12

Número total de ejes equivalentes de diseño (W18)

TIPO VEHICULOS	NUMERO DE VEHICULOS	1 AÑO X365 días	FACTOR CARRIL (Fc)	FACTOR SENTIDO (Fd)	FACTOR DE CRECIMIENTO	FACTOR CAMION	ESAL's DISEÑO
C2	140	51100	0.80	0.50	26.87	3.695969	2029938.733890
C3	51	18615	0.80	0.50	26.87	2.560401	512276.860419
T3S3	20	7300	0.80	0.50	26.87	4.355351	341727.344211
TOTAL							2883942.938520

(ESAL's) diseño=	2883942.938520
(W18) diseño=	2.88E+06
Tráfico Alto	

Fuente: Elaborado por el investigador

3.3. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

3.3.1 Trabajos de campo

Con el objeto de determinar las características físico - mecánicas de los materiales que conforman el terreno sobre el que se apoyará la rasante (estructura del pavimento), se llevaron a cabo 03 exploraciones directas (calicatas) con una profundidad mínima de 1.50 m y distribuidas en las progresivas Km 0+110, Km 0+481.35, y 1+080 de tal manera que cubrieron

toda el área de estudio y que nos permitió obtener con bastante aproximación las características mecánicas y físicas del suelo.

De los materiales encontrados en los diversos estratos (capas) se tomaron muestras representativas, las que fueron descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación, número de muestra y profundidad, para luego ser colocadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio.

De la misma manera se realizó el ensayo de permeabilidad insitu (norma ASTM D4631-95) usando el procedimiento del método de Lefranc.

3.3.2 Ensayos de Laboratorio

Las muestras extraídas en la investigación de campo, fueron procesadas en el Laboratorio **de la Universidad César Vallejo**. Se emplearon las normas:

NTP 339.128:1998; método de ensayo para obtener el contenido de humedad de un suelo.

NTP 339.128 A.S.T.M. D-422; método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.

NTP 339.129 A.S.T.M. D-4318; método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

AASTHO (ASTM D-3282); ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), es la práctica recomendada para determinar la clasificación de un suelo.

NTP 339.145 A.S.T.M. D-1883; método de ensayo para determinar el CBR (relación de soporte California) de suelo en laboratorio.

NTP 339.141 A.S.T.M. D-1557; método de ensayo para determinar el proctor modificado

NTP 339.152 A.S.T.M. D-2002; método de ensayo normalizado para la determinación de contenido de sales solubles en suelo y agua.

3.3.2.1 Ensayos Estándar

Análisis granulométrico por tamizado

Límites de Consistencia

- Límite Líquido
- Límite Plástico
- Índice de Plasticidad

Contenido de Humedad

Clasificación AASHTO

Clasificación SUCS

3.3.2.2 Ensayos Especiales

Ensayo Proctor Modificado

Ensayo de C.B.R.

3.3.3 Resultados obtenidos de Estudio de Mecánica de Suelos

Después de haber realizado los ensayos correspondientes se ha obtenido los siguientes resultados:

CALICATA C-1 (km) 0+110

Entre los niveles de 0.00 – 0.10 m de profundidad se encontró una **arena pobremente graduada con arcilla y grava**, identificada en el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) como un suelo **SP-SC**. Con una humedad natural de **1.04%**, según clasificación **Aashto A-1-b (0)**, contenido de sales solubles en el agua subterránea; Constituyentes de sales solubles totales 2000ppm, constituyentes de sales solubles en peso seco= 0.20%.

Entre los niveles de 0.10-0.60 m de profundidad se encontró un relleno, con presencia de ladrillos, bolsas plásticas y asfalto.

Entre los niveles de 0.60-1.30 m de profundidad se encontró una **arena limosa**, identificado en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación

de Suelos) como un suelo **SM**, Con una humedad natural de **8.20%**, según clasificación **Aastho A-4 (1)**, contenido de sales solubles en el agua subterránea; Constituyentes de sales solubles totales 2500ppm, constituyentes de sales solubles en peso seco= 0.25%.

Entre los niveles de 1.30-1.60 m de profundidad se encontró una **arcilla de baja plasticidad con arena** identificado en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) como un suelo **CL**, Con una humedad natural de **31.20%**, según la clasificación Aastho **A-6 (05)**, contenido de sales solubles en el agua subterránea; Constituyentes de sales solubles totales 4000ppm, constituyentes de sales solubles en peso seco= **0.25%**.

El C.B.R, critico es esta calicata es de **9.75 %** al 95 % de su máxima densidad seca (MDS).





Foto 1 y 2: Exploración de la calicata N°01 km 0+110.

CALICATA C-2 (km) 0+481.35

Entre los niveles de 0.00 – 0.10 m de profundidad se encontró un estrato representado por una **grava pobremente graduada con arena**, identificado en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) como un suelo **GP**, con una humedad natural de **1.01%**, identificado en el Sistema AASHTO, **como A – 2- 6 (0)**, contenido de sales solubles en el agua subterránea; Constituyentes de sales solubles totales 1500ppm, constituyentes de sales solubles en peso seco= **0.15%**.

Entre los niveles de 0.10-0.90 m de profundidad se encontró representado por una **arcilla de baja plasticidad**, identificada en el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) como un suelo **CL**. Con una humedad natural de **20.94%**, según clasificación **Aastho A-6 (13)**, contenido de sales solubles en el agua subterránea; Constituyentes de sales solubles totales **6250 ppm**, constituyentes de sales solubles en peso seco= **0.62%**.

Entre los niveles de 0.90-1.60 m de profundidad representado por una **arcilla de baja plasticidad con arena**, identificada en el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) como un suelo **CL**, con una humedad natural de **21.63%**, según clasificación Aastho **A-7-6 (13)**, contenido de sales

solubles en el agua subterránea; constituyentes de sales solubles totales **7000 ppm**, constituyentes de sales solubles en peso seco= **0.702%**.

El C.B.R más crítico en esta calicata es de **9.65 %** al 95 % de su máxima densidad seca (MDS).



Foto 3 y 4: Exploración de la calicata N°02 km 0+481.35

CALICATA C-3 (km) 0+1080

Entre los niveles de 0.00 – 0.10 m de profundidad se encontró un estrato representado por una **grava pobremente graduada con arcilla y arena**, identificado en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) como un suelo **GP-GC**, Con una humedad natural de **1.04%** identificado en el Sistema AASHTO, como **A – 2- 4 (0)**, contenido de sales solubles en el agua subterránea; Constituyentes de sales solubles totales **1500 ppm**, constituyentes de sales solubles en peso seco= **0.15%**.

Entre los niveles de 0.10-1.00 m de profundidad representado por una **arcilla de baja plasticidad**, identificada en el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) como un suelo **CL**. Con una humedad natural de **29.76%**, según clasificación Aastho **A-6 (10)**, contenido de sales solubles en el agua subterránea; Constituyentes de sales solubles totales **2500 ppm**, constituyentes de sales solubles en peso seco= **0.25%**.

El C.B.R crítico en esta calicata es de **9.70 %** al 95 % de su máxima densidad seca (MDS).

Esta muestra se extrajo en situaciones críticas, es decir cuando el cultivo de caña que se encuentra en la margen derecha de la vía estaba recién regado, en esas condiciones el nivel **freático es de -1.00m**.

Por tanto se puede concluir que el nivel freático no ascenderá a un nivel mayor de -1.00 m en condiciones desfavorables, es decir cuando se aplique riego al cultivo.

Existe una probabilidad que el nivel freático asciende sobre el nivel de -1.00m, solo en el caso que se aplique riego y al día siguiente existan precipitaciones importantes en la zona.



Foto 3 y 4: Exploración de la calicata N°03 km 1+080

3.3.3.1 Determinación del C.B.R de la sub rasante al 95 %

Considerando que el pavimento se va a colocar sobre el terreno natural, se ha efectuado los ensayos de CBR, con el objetivo de definir su C.B.R (Relación de rodamiento California) de diseño.

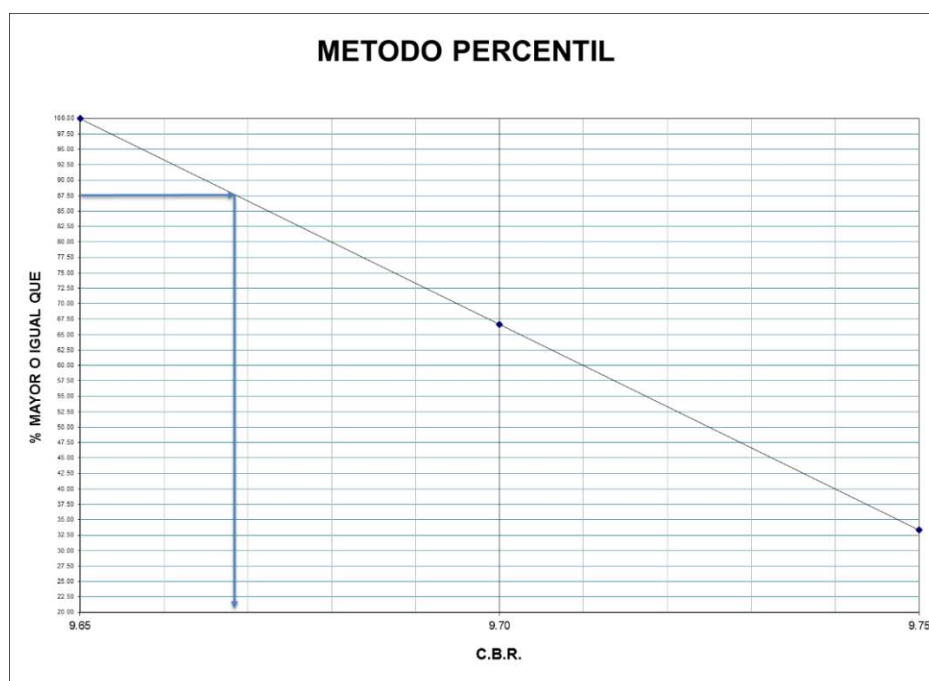
CUADRO N° 3.13: C.B.R AL 95 %

Kilometro	C.B.R (95%)
0+110	9.75
0+481.35	9.65
1+080	9.70
C.B.R de Diseño	9.668

De la gráfica 3.02 CBR de la subrasante = 9.668%

GRAFICO N° 3.02

DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE



Fuente: Elaborado por el investigador

La presente grafica se obtiene de valores de CBR obtenidos de las 03 exploraciones realizadas en campo, siendo el CBR de diseño según la gráfica = 9.668%.

CUADRO 3.14
DE RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO

PROGRESIVA	CALICATA	ESTRATO	PROFUND.	CLASIF.	CLASIF.	HUMEDAD	LIMITE	LIMITE	INDICE	CBR AL	CBR AL	DENSIDAD	HUMEDAD	SALES	INDICE
(Km)			(m)	SUCS	AASHTO	NATURAL %	LIQUIDO	PLÁSTICO	PLÁSTICO	100%	95%	MÁXIMA	ÓPTIMA	SOLUBLES	DE
							(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	gr/cm³	(%)	%	CONSISTENCIA
0 + 110	C-1	E1	0.00 - 0.10	SP-SC	A-1-b (0)	1.04	20.2	14.8	5.4	88.5	58.3	2.227	5.9		3.55
0 + 110	C-1	E2	0.60 - 1.30	SM	A-4 (1)	8.2	NP	NP	NP	28.3	20.2	1.919	11.5		N/A
0 + 110	C-1	E3	1.30 - 1.60	CL	A-6 (5)	31.2	37.94	19.67	18.3	12.11	9.75	1.892	9.4	0.25	0.37
0 + 481.35	C-2	E1	0.00 - 0.10	GP	A - 2 - 6 (0)	1.01	20.8	9.9	10.9	88.8	60	2.186	4.8		1.82
0 + 481.35	C-2	E2	0.10 - 0.90	CL.	A-6 (13)	20.94	40.2	19.4	20.8	14.2	10.2	1.958	10.4		0.93
0 + 481.35	C-2	E3	0.90 - 1.60	CL	A-7-6 (13),	21.63	41.22	18.52	22.7	13.8	9.65	1.92	9	0.702	0.86
1 + 080	C3	E1	0.00- 0.10	GP-GC	A - 2 - 4 (0)	1.04	22.9	12.4	10.6	89.2	57.5	2.174	7.4		2.06
1 + 080	C3	E2	0.10 - 1.00	CL	A-6 (10)	22.66	39.16	18.64	20.5	12.11	9.70	1.88	9.20	0.25	0.80

Fuente: Elaborado por el investigador

3.3.4 Conclusiones y Recomendaciones

- a) Al momento de la conformación de la base, deberá ser compactada energicamente, hasta obtener el 100 % de compactación, comparada de su curva densidad-húmeda, obtenida en el laboratorio de acuerdo a las normas AASTHO.T-180D
- b) Los suelos que conforman el terreno natural se encuentran se trata de un **CL, arcilla de baja plasticidad con arena**, identificados en el sistema AASTHO como A-6(05), A-7-6(13), A-6(10).
- c) La explotación se ha efectuado con apertura de calicatas a cielo abierto hasta la profundidad de 1.60 m.
- d) El CBR promedio es **9.668%**, de acuerdo a la **tabla N°011 del Anexo 01**, se trata de un suelo REGULAR.
- e) Del **cuadro N° 3.14**, se puede mencionar que en las capas inferiores, el índice de consistencia son 0.37, 0.86 y 0.80, según la tabla **N°010 (Anexo 01)**, el suelo se encuentra en estado plástico muy blando y plástico duro.
- f) Al momento de la realización de la explotación de campo, solo se detectó el nivel freático en la calicata C-3, ubicada en la progresiva 1 +080 a la profundidad de 1.00m por presencia cultivo de caña recientemente regado.
- g) Debido a que la Calicata **C2**, tiene sales solubles de 0.702% > a 0.5% según NTP 339.152.2002, pág. 11 y 12 de la Norma CE.010 pavimentos urbanos, se recomienda usar cemento tipo MS.

3.3.5 Ensayos de Permeabilidad Insitu

Para la determinación del coeficiente de permeabilidad **K** in situ, según la norma ASTM D4631-95, se ha utilizado la metodología de Lefranc utilizando un nivel variable, en este procedimiento lo que se hace es introducir un volumen de agua en una perforación de diámetro pequeño y medir tiempo-cambio en la altura, con la medición de estos descensos en un tiempo determinado.

3.3.5.1 Procedimiento de ensayo de permeabilidad Lefranc

- a. Se realiza limpieza del lugar en dimensiones aproximadas 60x60cm.
- b. Se realiza un hoyo de dimensiones 40x40x40cm.



Foto: se aprecia la excavación de un hoyo de 40x40cm

- c. Se instala un tubo de diámetro 4" (10cm) graduado a centímetros.



Fotos: se aprecia la habilitación del tubo de diámetro de 4"(10cm), así mismo la instalación en campo.

- d. Se aplica agua al tubo hasta saturar el suelo en dos oportunidades.
- e. Se rellena el tubo, a partir de ese momento con un cronometro se anota en el formato establecido los descensos cada 10 minutos, hasta verificar que por lo menos 03 lecturas sean iguales.



Fotos: se aprecia aplicación de volúmenes de agua para saturar el suelo.



Fotos: se aprecia la toma de lecturas cada 10 minutos en los formatos establecidos

3.3.5.1 Resultados de ensayo de permeabilidad Lefranc.

En el Cuadro N°3.15, se muestra los descensos de columna de agua cada 10 minutos

CUADRO N° 3.15 Datos obtenidos en campo

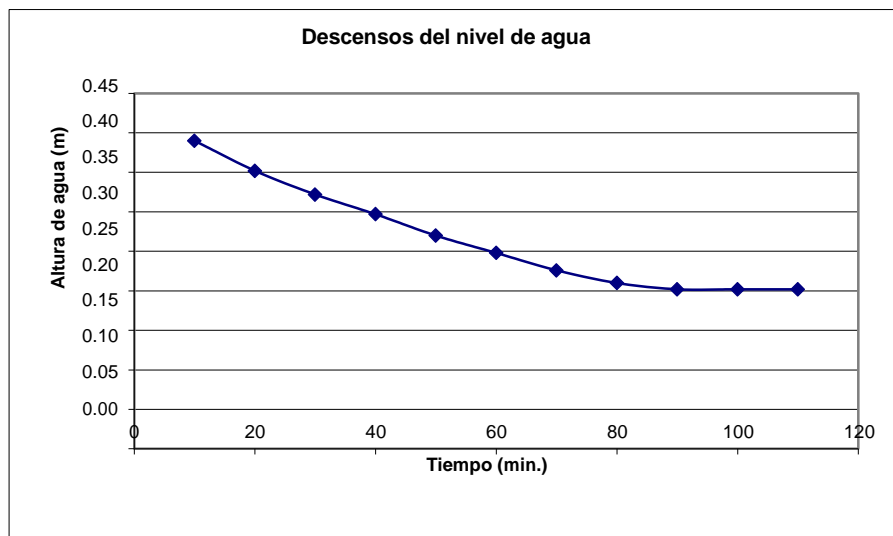
Tiempo (min.)	Intervalo de tiempo (min.)	Descenso acumulado del nivel (cm)	Descenso del nivel (cm)	Altura del nivel (m):
10	10	6.0	6.0	0.39
20	10	9.8	3.8	0.35
30	10	12.8	3.0	0.32
40	10	15.3	2.5	0.30
50	10	18.0	2.7	0.27
60	10	20.2	2.2	0.25
70	10	22.4	2.2	0.23
80	10	24.0	1.6	0.21
90	10	24.8	0.8	0.20
100	10	24.8	0.0	0.20
110	10	24.8	0.0	0.20

Fuente: Elaborado por el investigador

Con los datos obtenidos se ha construido el Gráfico N° 3.03, donde se aprecia el descenso de 24.80 cm de columna de agua en un tiempo 110 minutos.

GRÁFICO N° 3.03

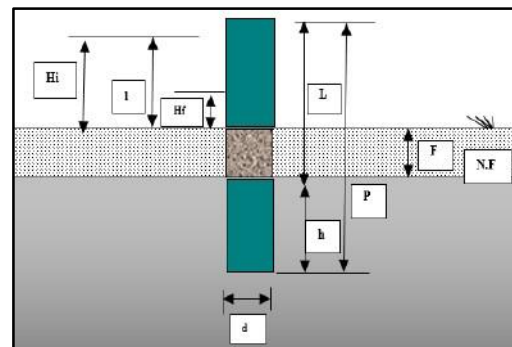
Descenso de la columna de agua



Fuente: Elaborado por el investigador

Para $h/d > 4$: se aplica la siguiente fórmula:

$$K = \frac{d^2}{8ht} \ln \frac{H_i}{H_f}$$



Donde:

K: coeficiente de permeabilidad

Hi, Hf: altura inicial y final del ensayo

t: tiempo transcurrido entre la lectura de Hi y Hf.

h: longitud de la zona filtrante.

d: diámetro de la entubación.

Por tanto reemplazando los datos en la ecuación se obtiene **K (cm/s) =4.5842E-05**.

Tabla N°3.01: Valores orientativos el coeficiente de permeabilidad K para diferentes suelos

Tipo de Suelo	Coeficiente de permeabilidad k (cm/s)
Grava media a gruesa	10^{-1}
Arena gruesa a fina	10^{-1} a 10^{-3}
Arena fina, arena limosa	10^{-3} a 10^{-}
Limo,limo arcillosos,arcilla limosa	10^{-} a 10^{-}
Arcillas	10^{-}
valores orientativos del coeficiente de permeabilidad k para diferentes suelos	

Fuente: Mecánica de suelos I-UNI-2014

Tabla N°3.02: Grado de permeabilidad del suelo

Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).	
Grado de permeabilidad	Con ductividad hidr áulica cm/s
Elevada	Superior a 10^{-1}
Media	10^{-1} a 10^{-3}
Baja	10^{-3} a 10^{-5}
Muy baja	10^{-5} a 10^{-7}
Practicamente impermeable	men or de 10^{-7}

Fuente: Whitlow 1994

Según las tablas N° 3.01 y N° 3.02, el suelo es de baja permeabilidad, el cual se compone de una mezcla de arena limo y arcilla

3.4 ESTUDIO DE CANTERAS

El estudio y revisión de canteras tienen por objetivo la ubicación y evaluación para determinar las características físicas, mecánicas de los materiales con la finalidad

de definir los usos y el tratamiento para así ser utilizados en la construcción de la avenida Andrés Avelino Cáceres.

Teniendo en cuenta la calidad y cantidad necesaria para la obra que se proyecte, es necesario elegir cuidadosamente las canteras que se encuentran en la zona, para que al final podamos evaluar y decidir la cantera que, combinado en criterio técnico y económico, resulte el mejor.

Es necesario localizar las canteras de tal manera que:

Tengan una distancia mínima de transporte del material a la obra, que permita aminorar los costos.

- a. Los materiales de tratamiento especial para ser utilizados, salvo tamizados.
- b. Las canteras deben ser utilizadas de manera que su explotación no conlleve a problemas legales que perjudique a los habitantes de la región.

Con los criterios antes mencionados, se ha ubicado una cantera ubicada en el Distrito de Mesones Muro en la Provincia de Ferreñafe para el material afirmado y el agregado grueso para la fabricación de concreto.

De la experiencia local, éstas presentan antecedentes de explotación para cubrir los requerimientos de los materiales de las obras que se han ejecutado en la zona cuyo resultado reflejan su buena calidad.

Los ensayos realizados a la cantera seleccionada fue realizado en el **LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO-SEDE CHICLAYO**, así mismo por el laboratorio SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES, resolución N°001083-2009/DSD-INDECOPI, código Consucode N°S00090112.

La cantera seleccionada para el siguiente estudio es la siguiente:

CANTERA TRES TOMAS; ubicada en el distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe, para material de afirmado para la base del pavimento y agregado grueso para la fabricación del concreto, para el análisis de agregado fino se realizó estudio a la cantera **LA VICTORIA** ubicada en el distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo.

3.4.1. Descripción de cantera TRES TOMAS

3.4.1.1 Investigación de Campo

a) Exploración

Se realizó el reconocimiento de campo, las cuales fueron evaluadas mediante sondeos de calicatas de hasta 3 m y/o en corte de talud en algunos casos, se observó su estratigrafía y profundidad, se recolectó una muestra representativa para realizar los ensayos respectivos.

En campo se realizó una evaluación de los materiales determinándose la granulometría integral de los agregados existentes, con el fin de determinar el tamaño máximo de los agregados mayores a 2" (bloque y bolones), % de gravas menores a 2" y % de arenas con el fin de hallar rendimientos de la cantera par cada uno de sus usos.

La clasificación de material menor a 2" de diámetro, se determinó en laboratorio mediante el análisis granulométrico de las muestras alteradas representativas de la calicata.

Se extrajo muestras de agregado grueso con fines de fabricación de concreto.

b) Ensayos de Laboratorio

Las muestras extraídas, fueron analizadas y ensayadas bajo las especificaciones siguientes:

Determinación de contenido de humedad	A.S.T.M. D-2216
Análisis granulométrico por tamizado	A.S.T.M. D-4318
Limite Líquido e índice de plasticidad	A.S.T.M. D-4318
Clasificación de suelos ASSHTO	A.S.T.M. D-3282
Clasificación de suelos sistema SUCS	A.S.T.M. D-2487
Sales solubles Totales	A.S.T.M. D-1888
Proctor modificado (compactación)	A.S.T.M. D-1557
Relación de soporte california (CBR)	A.S.T.M. D-1883
Peso unitario y vacíos de los agregados	MTC-203

Gravedad específica y absorción de agregados finos MTC-205
Gravedad específica y absorción de agregados gruesos MTC-206

3.4.1.2 Resultados de los ensayos de material afirmado para base

En lo concerniente a la calidad de los materiales que se emplean en la estructura del pavimento, los resultados son los siguientes:

a) Material

El material de la cantera tres tomas se clasifica según sistema **AASTHO**, como **A-1-a (0)** gravas limosas, mezclas de gravas, arena y limo de baja plasticidad.

Según sistema **SUCS: GW-GM**; Gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo.

- b) **Potencia** >800,000 m³ aproximadamente.
- c) **Rendimiento**: 90%
- d) **Uso**: Esta cantera será utilizada en la conformación de la base.
- e) **Humedad**: 6.59%
- f) **Granulometría**: Uniforme, cumple la gradación B.
- g) **Límite Líquido**: 21.00
- h) **Límite Plástico**: 20.00
- i) **Índice Plástico**: 1.00
- j) **Resistencia a la Abrasión** : 17.04%
- k) **CBR al 100%** de MDS: 86.30%
- l) **Máxima densidad seca**: 2.22 gr/cm²
- m) **Óptimo contenido de humedad**: 7.25%.
- n) **Período de Uso**: Todo el año

3.4.1.2.1 Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo a la información de campo y laboratorio realizados, se pueden obtener las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- a) El material de la cantera tres tomas se clasifican según sistema **AASTHO**, como **A-1-a (0)** gravas limosas, mezclas de gravas, arena y limo de baja plasticidad.
- b) Según sistema SUCS: GW-GM; Gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo.
- c) La cantera tres tomas cuenta con un **CBR** superior al mínimo recomendado por la norma NTP.339.145.1999, de **80%** para vías locales y colectoras, según NTE.CE0.10 Pavimentos urbanos página 21.
- d) El material granular de la cantera Tres Tomas cumple los requisitos necesarios para su uso en el presente proyecto, $IP < 4$, $CBR \geq 80\%$, resistencia a la abrasión $< 40\%$, cumple la gradación granulométrica solicitada B.
- e) Se recomienda la utilización de la cantera establecida en el presente informe, como material de afirmado de la capa de rodadura lo que en su colocación deberá ser compactada enérgicamente, hasta obtener el 100 % de compactación, comparada de su curva densidad-húmeda, obtenida en el laboratorio de acuerdo a las normas AASTHO.T-180D.

3.4.1.3 Resultados de los ensayos para fabricación de concreto

3.4.1.3.1 Diseño de Mezcla $F'c=175\text{kg/cm}^2$ y $F'c=210\text{ kg/cm}^2$.

Para el presente diseño los agregados a usarse provienen de las siguientes canteras:

Cantera la Victoria-Pátapo; para obtener el agregado fino: arena natural zarandeada.

Cantera Tres Tomas-Ferreñafe; para obtener el agregado grueso: grava triturada ½”.

Las características de los materiales usados en el presente ensayo son los siguientes:

Materiales: Cemento Tipo MS ó cemento portland de acción moderada a los sulfatos que cumpla la norma ASTM C-150, AAsthM-85.

Agua: el agua a emplearse en la mezcla de concreto debe ser limpia y libre de impurezas perjudiciales, el agua de la ciudad de Lambayeque que es la fuente que se utilizara cumple con las especificaciones técnicas necesarias.

Agregado grueso y fino: los resultados químicos de los materiales cumplen las especificaciones técnicas.

3.4.1.3.2 Resultado del Diseño de Mezcla

Diseño de mezcla $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Concreto diseñado para losa de pavimento, se usó cemento Tipo I Pacasmayo, se obtuvo relación $A/C = 0.53$, contenido de cemento 9.72bolsas/m³, contenido de agregado fino 800kg/m³, contenido de agregado grueso 839kg/m³, contenido de agua 222litros/m³.

Relación: C: 1.00

AF: 1.8

AG: 2.2

A: 22.8

Diseño de mezcla $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$

Concreto diseñado para losa de pavimento, se usó cemento Tipo I Pacasmayo, se obtuvo relación $A/C = 0.62$, contenido de cemento 8.39bolsas/m³, contenido de agregado fino 840kg/m³, contenido de agregado grueso 839kg/m³, contenido de agua 223.99litros/m³.

Relación: C: 1.00

AF: 2.2

AG: 2.5

A: 26.7

3.4.1.3.3 Conclusiones

- Los ensayos de laboratorio de los agregados y los análisis químicos del agua de la fuente propuesta el cual se anexa al presente estudio donde se puede verificar, cumple con los requisitos de las especificaciones del MTC.
- Las resistencias a la compresión de los diseños presentados para los concretos $F'c=175\text{kg/cm}^3$ y $F'c=210\text{kg/cm}^3$, se ha mostrado satisfactoria, superando la resistencia a los 7 días de curado, asegurando que se cumpla con las resistencias especificadas a los 28 días. Se adjunta los certificados de esta prueba en los anexos.





Foto 1 y 2: Extracción de muestra para base de cantera 3 tomas, ubicada en el distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe.

3.5. ESTUDIO HIDROLOGICO

El presente estudio está orientado a determinar el caudal de diseño del drenaje pluvial, ante condiciones de precipitaciones pluviales extremas que inciden en mantener la estabilidad del pavimento, así mismo evitar su deterioro anticipado.

3.5.1 Información básica

La información básica para la caracterización del clima y la meteorología de la zona de estudio proviene de registros de la estación meteorológica Lambayeque, la cual se encuentra cercana al área de estudio y se encuentra detallada en el Análisis Hidrológico.

Figura N°:3.02

Ubicación dela estación meteorológica Lambayeque



Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>

3.5.2 Análisis hidrológico

3.5.2.1 Información Pluviométrica

La información pluviométrica que ha servido de base para la cuantificación de la escorrentía superficial es la correspondiente a precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas de la Estación Pluviométrica de Lambayeque para una serie de 10 años, la data de 1997-2016 fue tomada de la tesis : Diseño del pavimento rígido, veredas y drenaje pluvial de la urbanización progresiva la tina, del sector salida sur este de Lambayeque dren 2210, distrito de Lambayeque – provincia Lambayeque – región Lambayeque, página 122 y la data 2017-2018 fue proporcionada SENAMHI Sede Chiclayo.

La ubicación y características de la estación pluviométrica disponible en la zona de estudio, se presentan a continuación en el **Cuadro N° 3.16**.

CUADRO N° 3.16:**Información de precipitaciones máxima de 24 horas****(1997-1998, 2011-2018)**

Estación: Lambayeque

Ubicación: Lat. 6°43'53.5"

Long. 79°54'26"

Altitud: 38mnsn

AÑOS	MES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1997	0.3	1.4	0	0.6	0	0	0	0	0.1	0.8	1.2	10.5
1998	8.2	71.3	40.5	4.5	1.2	0	0	0	0	0.5	0.2	1.2
2011	2.8	0	0	7.1	0	0	0	0	0	0	0	3
2012	0	22.1	9.6	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.5
2013	0	1.4	8.5	0.7	2.8	0	0	0	0	1.5	0	0
2014	0	0	0.4	0	3.7	0	0	0	2.6	0	1	1.8
2015	0	0.5	18	0.4	0.4	0	0	0	0	0.9	0	0.8
2016	3.6	1	0.6	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	1.7	34.6	60.7	0	0	0.3	0	0	5.4	0.3	0	0.3
2018	2.4	0.3	1.3	0.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Senamhi

CUADRO N° 3.17:

Cálculo de precipitaciones máximas de 24horas anual y mensual (mm)

AÑOS	MES												Máximo
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1997	0.3	1.4	0	0.6	0	0	0	0	0.1	0.8	1.2	10.5	10.5
1998	8.2	71.3	40.5	4.5	1.2	0	0	0	0	0.5	0.2	1.2	71.3
2011	2.8	0	0	7.1	0	0	0	0	0	0	0	3	7.1
2012	0	22.1	9.6	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.5	22.1
2013	0	1.4	8.5	0.7	2.8	0	0	0	0	1.5	0	0	8.5
2014	0	0	0.4	0	3.7	0	0	0	2.6	0	1	1.8	3.7
2015	0	0.5	18	0.4	0.4	0	0	0	0	0.9	0	0.8	18
2016	3.6	1	0.6	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	5.8
2017	1.7	34.6	60.7	0	0	0.3	0	0	5.4	0.3	0	0.3	60.7
2018	2.4	0.3	1.3	0.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	2.4
Máximo	8.2	71.3	60.7	7.1	3.7	0.3	0	0	2.6	1.5	1.2	10.5	

Fuente: Información del Senamhi tabulada por tesista.

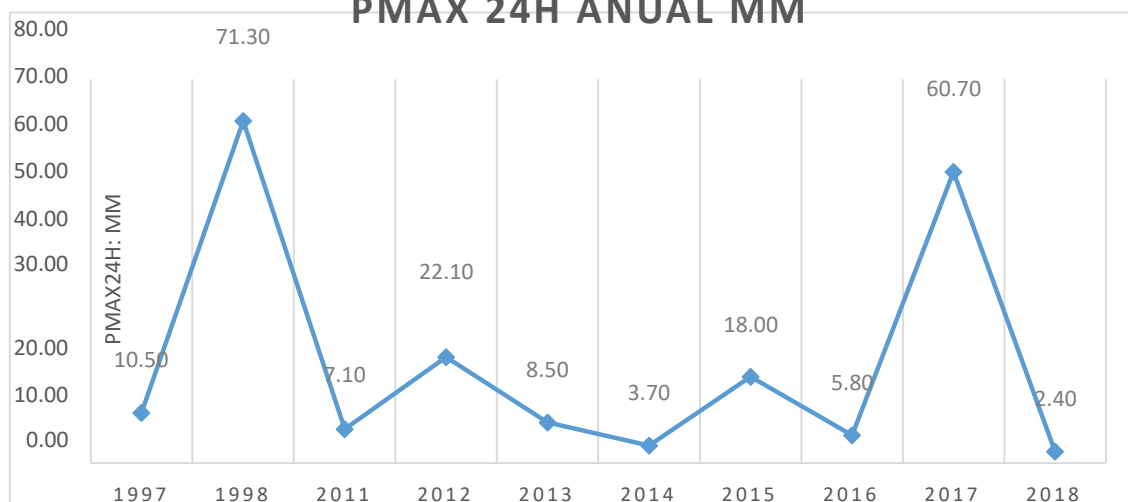
En el Cuadro N° 3.17 se presenta el resumen de las series históricas de precipitaciones máximas en 24 horas, del mes y año más lluvioso.

CUADRO N° 3.18
Precipitaciones máximas de 24 horas anual (mm)
Estación Lambayeque

Año	Pmax 24h Anual mm
1997	10.50
1998	71.30
2011	7.10
2012	22.10
2013	8.50
2014	3.70
2015	18.00
2016	5.80
2017	60.70
2018	2.40

Fuente: Elaborado por el investigador

GRAFICO N° 3.04
Variación de precipitaciones máximas de 24 horas anual (mm)
Estación Lambayeque
PMAX 24H ANUAL MM



Fuente: Elaborado por el investigador

CUADRO N° 3.19
Precipitaciones máximas de 24 horas mensual (mm)

Estación Lambayeque

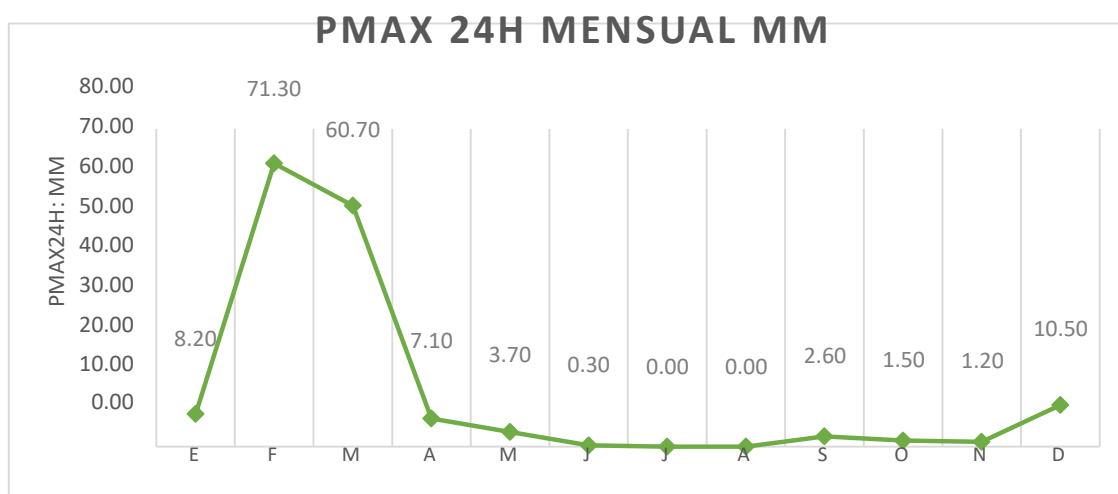
Año	Pmax 24h Mensual mm
E	8.20
F	71.30
M	47.20
A	7.10
M	28.50
J	2.00
J	1.00
A	1.40
S	2.60
O	7.00
N	1.20
D	10.50

Fuente: Elaborado por el investigador

GRAFICO N° 3.05

Variación de precipitaciones máximas en 24 horas mensual (mm)

Estación Lambayeque



Fuente: Elaborado por el investigador

3.5.2.2 Aplicación de distribución de frecuencia

El análisis de frecuencia tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

El procesamiento estadístico se realizó mediante las distribuciones de frecuencia más usuales para obtener la distribución de mejor ajuste a los registros históricos, como son:

- Distribución Normal.
- Distribución LogNormal 2 Parámetros.
- Distribución LogNormal 3 Parámetros.
- Distribución Gamma 2 Parámetros.
- Distribución Gamma 3 Parámetros.
- Distribución Log Pearson III.
- Distribución Gumbel.
- Distribución LogGumbel.

Luego de realizar los cálculos estadísticos con las distribuciones probabilísticas anteriormente descritas usando el SOFTWARE HIDROESTA 2, se ha obtenido precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno, tal como se muestra a continuación en el **Cuadro N°3.20.**

Cuadro N° 3.20

Precipitaciones Máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno

Tiempo	Distribución	Dist. Log Normal	Dist. Log Normal	Distribución de	Distribución de	Distribución de	Distribución de	Distribución Log
Retorno	Normal (mm)	2 Parámetros	3 Parámetros	Gamma 2	Gamma 3	Person Tipo III	Gumbel (mm)	de Gumbel (mm)
(T años)		(mm)	(mm)	Parámetros (mm)	Parámetros (mm)			
2	21.01	11.88	10.7	14.63	14.85	11	16.97	9.89
5	41.72	30.45	28.89	33.78	37.74	29.57	38.72	26.57
10	52.56	49.83	49.96	48.23	53.74	51.85	53.12	51.11
20	61.5	74.81	79.1	62.67	69.21	84.44	66.93	95.75
25	64.11	84.22	90.51	67.31	74.11	97.72	71.32	116.84
50	71.57	118.2	133.3	81.72	89.13	158.72	84.81	215.74
Δ Teórico	0.2108	0.1094	0.1064	0.1543	0.14514	0.10112	0.1667	0.0989
Δ Tabular	0.4301	0.4301	0.4301	0.4301	0.4301	0.4301	0.4301	0.4301

Fuente: Elaboración por el investigador

Cuadro N° 3.21

Resultados de las pruebas de Bondad de Ajuste

Tiempo	Distribución	Dist. Log Normal	Dist. Log Normal	Distribución de	Distribución de	Distribución de	Distribución de	Distribución Log
Retorno	Normal (mm)	2 Parámetros	3 Parámetros	Gamma 2	Gamma 3	Person Tipo III	Gumbel (mm)	de Gumbel (mm)
(T años)		(mm)	(mm)	Parámetros (mm)	Parámetros (mm)			
Δ Teórico	0.2108	0.1094	0.1064	0.1543	0.14514	0.10112	0.1667	0.0989

Fuente: Elaborado por el investigador

3.5.2.3 Prueba de bondad de ajuste

Para la aplicación del análisis estadístico a una serie de datos de precipitaciones se requiere hallar la distribución teórica de mejor ajuste de nuestros datos históricos. Para tal fin se realizó las distribuciones de probabilidades con un nivel de significación de 5%: distribución normal, distribución normal log 2 parámetros, distribución normal log 3 parámetros, distribución de Gamma 2 parámetros, distribución de Gamma 3 parámetros, distribución de Person III, distribución de Gumbel, distribución Log Gumbel.

Los resultados de las pruebas de ajuste se presentan en el **Cuadro N° 3.21** y fueron obtenidos con ayuda del Software Hidroesta 2.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba de bondad de ajuste se concluye que los datos se ajustan satisfactoriamente a la **Distribución Log de Gumbel** por tener menor valor de **teórico = 0.0989**.

Para el desarrollo del presente Estudio, se ha elegido trabajar con los resultados de la **Distribución Log de Gumbel**, perteneciente a la Estación Lambayeque.

En el **Cuadro N° 3.22**, se presenta la precipitación máxima en 24 horas de la Estación Lambayeque en función de distintos períodos de retorno, previamente ponderados por el factor $R=1.13$ que fue desarrollado en USA por Hershfield D. M, (1961) para obtener la precipitación máxima probable a partir de las precipitaciones máximas diarias (24 horas). Dicha teoría fue corroborada más adelante por Hargreaves (1988), al evaluar lluvias extremas de África y otras regiones, asumiendo que dicho coeficiente puede ser aplicado a todo el mundo.

Cuadro N° 3.22:

Precipitación Máxima en 24 Horas Ponderada

Tiempo Retorno (T años)	Distribución Log de Gumbel (mm)	Factor R	Precipitación máxima de 24 horas ponderada (mm)
2	9.89	1.3	12.86
5	26.57	1.3	34.54
10	51.11	1.3	66.44
20	95.75	1.3	124.48
25	116.84	1.3	151.89
50	215.74	1.3	280.46

Fuente: Elaborado por el investigador

3.5.2.4 Determinación de la intensidad de lluvia

Las intensidades se obtienen utilizando la expresión de Dyck y Peschke (1978), Este método permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente.

$$P_d = P_{24h} \frac{d^{0.25}}{1440}$$

Donde:

P_d = Precipitación total (mm)

d = Duración en (min.)

P_{24h} = Precipitación máxima en 24 horas (mm)

En el **Cuadro N° 3.23** presentamos el resumen de los valores de precipitaciones totales (mm) para diferentes periodos de retorno y duraciones de lluvia.

Cuadro N° 3.23:
Precipitaciones totales de diseño para duraciones menores a 24 horas (mm)

d (min)	d(horas)	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=20	Tr=25	Tr=50
		Pd(mm)	Pd(mm)	Pd(mm)	Pd(mm)	Pd(mm)	Pd(mm)
10	0.17	3.71	9.97	19.18	35.93	43.85	80.96
15	0.25	4.11	11.03	21.23	39.77	48.53	89.60
20	0.33	4.41	11.86	22.81	42.73	52.14	96.28
30	0.50	4.88	13.12	25.24	47.29	57.71	106.55
40	0.67	5.25	14.10	27.13	50.82	62.01	114.50
50	0.83	5.55	14.91	28.68	53.73	65.57	121.07
60	1.00	5.81	15.61	30.02	56.24	68.62	126.71
90	1.50	6.43	17.27	33.22	62.24	75.95	140.23
120	2.00	6.91	18.56	35.70	66.88	81.61	150.69
240	4.60	8.21	22.07	42.45	79.53	97.05	179.20
360	6.00	9.09	24.42	46.98	88.02	107.40	198.32
420	7.00	9.45	25.38	48.83	91.48	111.62	206.11
480	8.00	9.77	26.25	50.49	94.58	115.41	213.11
600	10.00	10.33	27.75	53.38	100.01	122.03	225.33
660	11.00	10.58	28.42	54.67	102.42	124.98	230.76
720	12.00	10.81	29.05	55.87	104.67	127.73	235.84

Fuente: Elaborado por el investigador

Para el cálculo de la Intensidad, como ya se cuenta con la duración de la tormenta se divide la precipitación (Pd) entre la duración (d), para diferentes períodos de retomo y diferentes duraciones, obteniéndose las intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas, como se muestra en el **Cuadro N° 3.24**.

Cuadro N° 3.24:

Valores de Intensidad de lluvia (mm/h) para diferentes duraciones de lluvia

d (min)	d(horas)	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=20	Tr=25	Tr=50
		Pd(mm)	Pd(mm)	Pd(mm)	Pd(mm)	Pd(mm)	Pd(mm)
10	0.17	22.27	59.83	115.08	215.60	263.08	485.77
15	0.25	16.43	44.14	84.91	159.06	194.10	358.40
20	0.33	13.24	35.57	68.43	128.19	156.43	288.84
30	0.50	9.77	26.25	50.49	94.58	115.41	213.11
40	0.67	7.87	21.15	40.69	76.23	93.01	171.75
50	0.83	6.66	17.89	34.42	64.48	78.68	145.28
60	1.00	5.81	15.61	30.02	56.24	68.62	126.71
90	1.50	4.29	11.51	22.15	41.49	50.63	93.49
120	2.00	3.45	9.28	17.85	33.44	40.80	75.34
240	4.60	2.05	5.52	10.61	19.88	24.26	44.80
360	6.00	1.52	4.07	7.83	14.67	17.90	33.05
420	7.00	1.35	3.63	6.98	13.07	15.95	29.44
480	8.00	1.22	3.28	6.31	11.82	14.43	26.64
600	10.00	1.03	2.78	5.34	10.00	12.20	22.53
660	11.00	0.96	2.58	4.97	9.31	11.36	20.98
720	12.00	0.90	2.42	4.66	8.72	10.64	19.65

Fuente: Elaborado por el investigador

Según el cuadro N°3.24, **la intensidad máxima es 84.91mm/h**, este valor se calculó considerando un periodo de retorno (T), **tomando como referencia la Tabla N° 26** del Anexo 01, **del Manual de Hidrología e Hidráulica, para cunetas 10 años**; asimismo con una duración (d), para el presente estudio se contempla una duración efectiva de lluvia d=15 minutos, equivalente a 0.25 horas. Aplicando la siguiente formula.

$$I_{\max.} = \frac{P_t}{d} * 60$$

Donde:

I_{max} = Intensidad máxima (mm/h)

P_t = Precipitación total (mm)

d = Duración en (minutos.)

Para cunetas:

$T = 10$ años

$d = 15$ minutos = 0.25 hrs.

$P_d = 21.23$ mm (dato del cuadro N° 3.23)

$$I_{max} = \frac{21.23}{15} * 60 = 84.91 \text{ mm/h}$$

Del análisis a la información registrada en la estación meteorológica Lambayeque se concluye lo siguiente:

La información pluviométrica de la estación Lambayeque se ajusta mejor a la **Distribución Log de Gumbel** y las **precipitaciones de diseño e Intensidades máximas** son: **21.23** mm y **84.91** mm/h respectivamente, para obras de drenaje Superficial de la Plataforma (cunetas).

3.5.2.5 Área de Cuenca Urbana

El área de la cuenca es probablemente la característica geomorfológica más importante para el diseño. Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

Para el presente estudio el área de la cuenca urbana, por ser una pavimentación urbana de pistas y veredas estará comprendida por el área del pavimento vehicular, peatonal, cunetas y el 50% del área de las manzanas en ambas márgenes ya que es natural que las aguas de precipitaciones de los techos de las casas se deriven a la calle o veredas y en consecuencia a las cunetas.

Cuadro N° 3.25:

Área de Cuenca – Área de Avenida Andrés Avelino Cáceres C-1 hasta la C-12.

AVENIDA	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE LA CUENCA			ÁREA DE DISEÑO	OBSERVACIONES
		(m2)	(ha)	(km2)	(km2)	
Andrés Avelino Cáceres de la cuadra 1 a la cuadra 12.	0+00-0+500	30,382.14	3.038	0.03	0.0061	En este tramo se instalará cámaras cada 100m para desembocar a la red de subdrenaje, por tanto serán 5 secciones
	0+500-1+192.38	25,918.61	2.592	0.026	0.0037	En este tramo se instalará cámaras cada 100m para desembocar a la red de subdrenaje, por tanto serán 7 secciones

Fuente: Elaborado por el investigador

La avenida Andrés Avelino Cáceres tiene 2 secciones transversales diferentes de vía, tal como lo indica la **Figura N° 3.03 y 3.04**, así mismo para calcular el área que se utilizará para el diseño hidráulico de cunetas, se seccionará áreas cada 100m ya que es la distancia donde se ubicará cámaras en ambos márgenes de la vía para evacuar el caudal a la red de subdrenaje proyectada (cuadro 3.25), por tanto, el área tributaria para el diseño de cunetas es de 0.0061km² y 0.0037km² respectivamente.

El área total fue extraída del plano de áreas que se adjunta en los anexos, según el cuadro 3.25.

3.5.2.6 Conclusiones

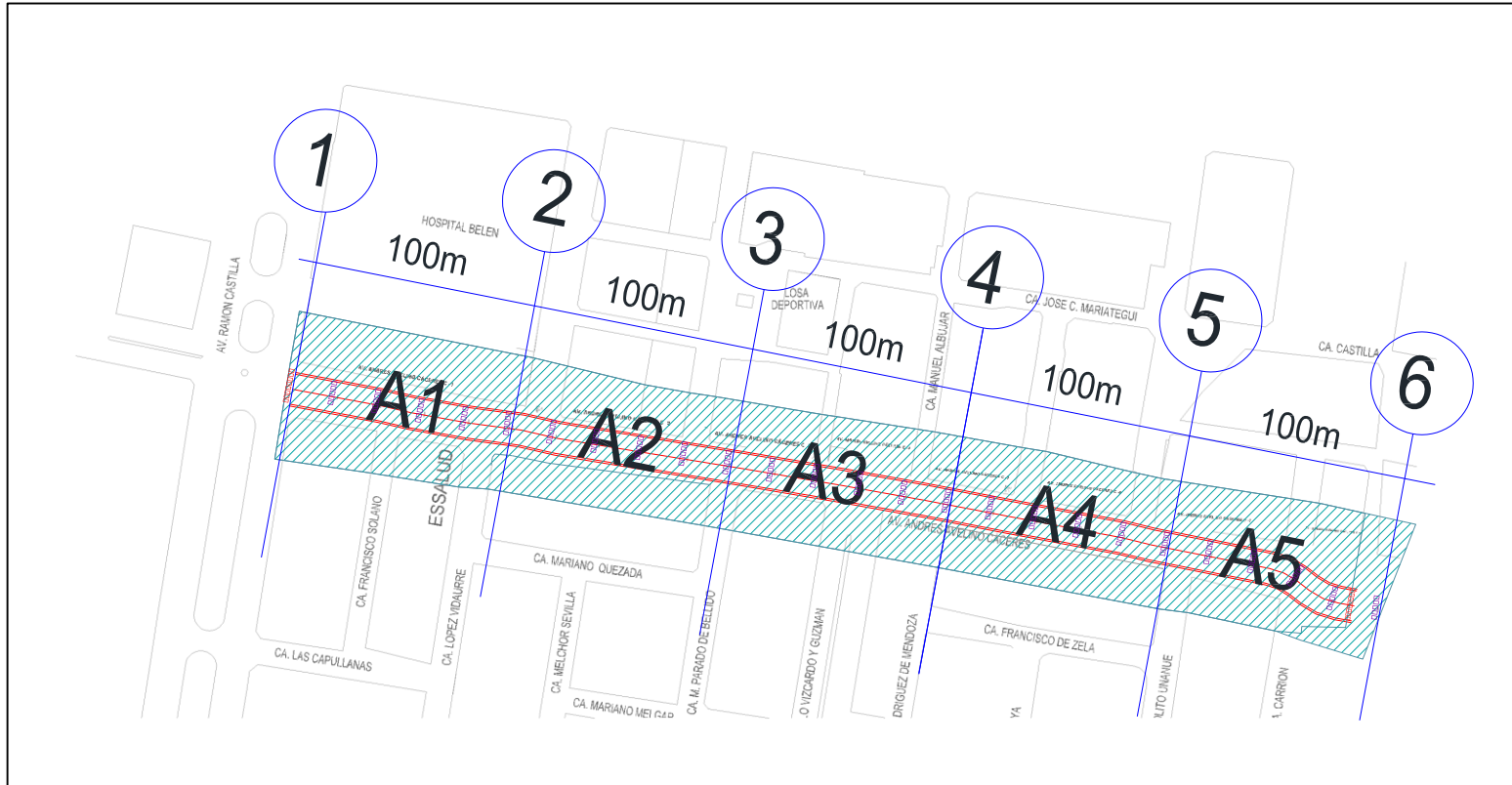
Los información pluviométrica de la estación Lambayeque se ajusta mejor a la Distribución de **Log de Gumbel** y las **precipitaciones de diseño e Intensidades máximas** son: **21.23** mm y **84.91** mm/h respectivamente, para obras de drenaje Superficial de la Plataforma (cunetas). **Figura N° 3.03.**

El área de diseño para las cunetas en ambos márgenes de la progresiva 0+00 a 0+500 es de 0.0061km².

El área de diseño para las cunetas en ambos márgenes de la progresiva 0+500 a 1+198.38 es de 0.0037km².

Figura N° 3.03

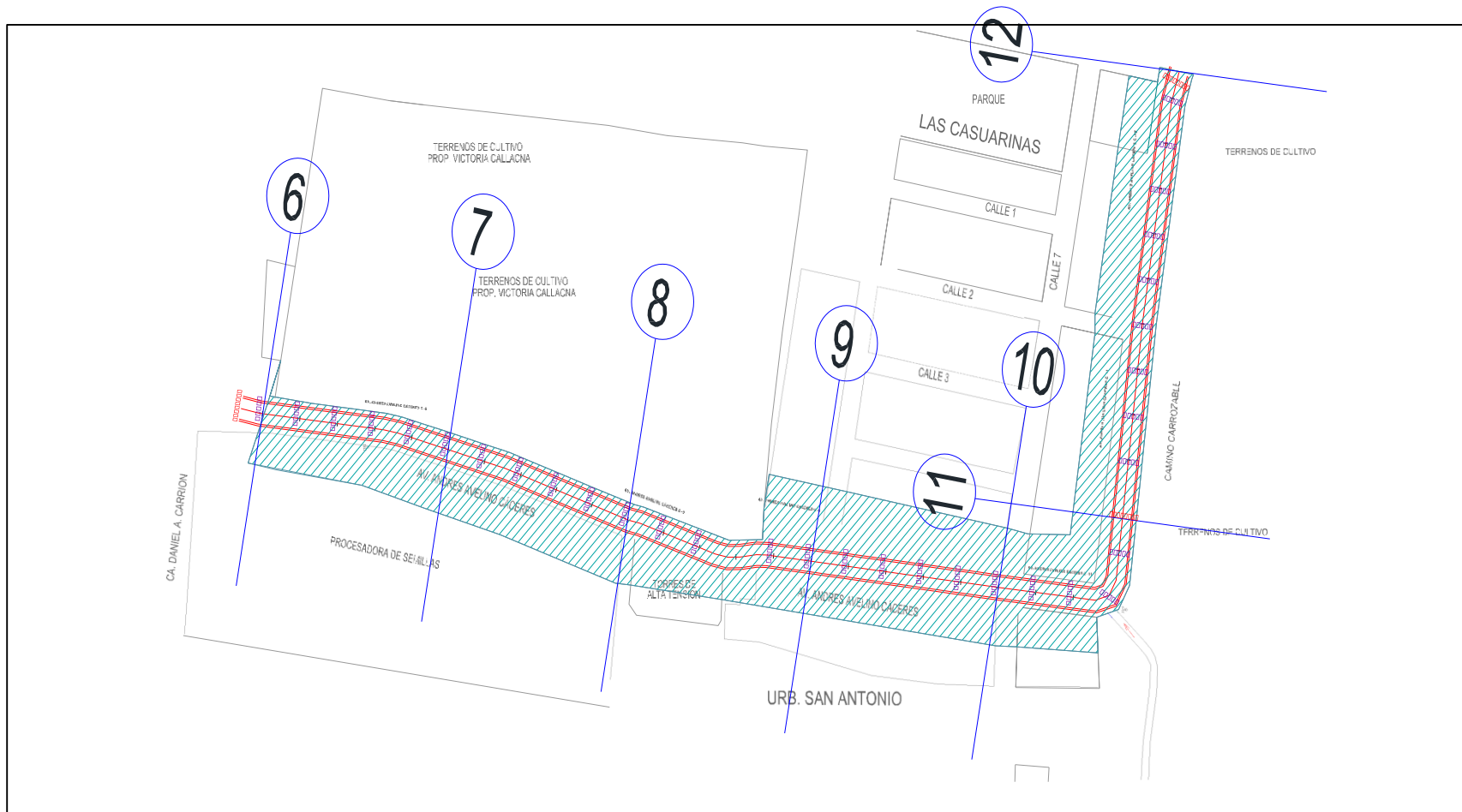
Seccionamiento de áreas para diseño de cunetas tramo I, desde la progresiva 0+00- 0+500



Fuente: Elaborado por el investigador

Figura N° 3.04

Seccionamiento de áreas para diseño de cunetas tramo II, desde la progresiva 0+500- 1+192.38



3.6. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL

En el presente diseño se determinará las características hidráulicas y geométricas del drenaje superficial.

3.5.3 Determinación del caudal de diseño para cunetas

Para la determinación del caudal de diseño se utilizó el método racional, para ello se ha considerado un coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 10 años es igual a: **C=0.83**, que resulta de **la tabla N°29 de Anexo 01** para superficies urbanas de concreto, valor que se utilizó para el cálculo del caudal de diseño.

Por lo tanto, el caudal de diseño, aplicando el método racional con la fórmula siguiente es:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

- Q : Descarga máxima de diseño (m³/s)
- C : Coeficiente de escorrentía
- I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A : Área de la cuenca (Km²)

El cálculo del área de diseño determinado en el capítulo anterior, desde la progresiva 0+00 a la progresiva 0+500 es de 0.0061km² y el área de diseño desde la progresiva 0+500 a 1+192.38 es de 0.0037km².

Para tramo 1: Progresiva 0+00 a 0+500

$$Q_1 = \frac{0.83 * 84.91 * 0.0061}{3.6} \quad \mathbf{0.119 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Para tramo 2: Progresiva 0+500 a 1+192.38

$$Q_2 \frac{0.83*84.91*0.0037}{3.6} \quad \mathbf{0.072 \text{ m}^3/\text{s}}$$

3.5.4 Diseño hidráulico del drenaje superficial

En presente estudio se realizó apoyado del software Hcanales 3.1.

1. Diseño de cunetas en el tramo comprendido entre la progresiva 0+00 - 0500

Conociendo los siguientes datos:

Qdiseño (Q) = 0.119 m³/s.

Talud (Z) = 0.00

Rugosidad (n) = 0.012 (Norma OS.060)

Pendiente (S) = 0.35% = 0.0035 m/m

Tirante (y) = ¿?

La velocidad de las aguas debe limitarse para evitar la erosión, sin reducirla tanto que pueda dar lugar a sedimentación. La velocidad mínima aconsejada es de 0.90 m/s, las máximas admisibles no deben superar 4.5m/s ver Tabla N° 3.03. Es decir, al momento de aplicar el software se debe verificar que la velocidad este en el rango señalado.

Tabla N°3.03:
Velocidades máximas del agua

TIPO DE SUPERFICIE	MAXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo(poca o ninguna arcilla)	0.20-0.00
Arena arcillosa dura, mangas duras	0.60-0.90
Terreno parcialmente cubierta de vegetación	0.60-1.20
Arcilla, grava, pizarra blandas con cubierta vegetal	1.20-1.50
Hierba	1.20-1.80
Conglomerado, pizarras, duras, rocas, blandas	1.40-2.40
Mampostería, rocas duras	3.00-4.50*
Concreto	4.50-6.00*

*Para flujos de muy corta duración

Fuente: Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito-MTC.

Haciendo uso del **SOFTWARE HCANALES 3.1**, se realiza el cálculo del tirante (y), como se muestra en la Figura N° 3.05.

Figura N° 3.05:
Cálculo del tirante (y) para tramo I

Cálculo de tirante normal secciones: trapecoidal, rectangular, triangular

Lugar: **LANBAYEQUE** Proyecto: **DISEÑO DE PAV. RIGIDO, U.S**
Tramo: **0+00-0+488.43** Revestimiento: **CONCRETO SIMPLE**

Datos:

Caudal (Q): **0.119** m³/s
Ancho de solera (b): **0** m
Talud (Z): **2**
Rugosidad (n): **0.012**
Pendiente (S): **0.0035** m/m

Resultados:

Tirante normal (y): **0.2333** m
Area hidráulica (A): **0.1089** m²
Espejo de agua (T): **0.9334** m
Número de Froude (F): **1.0214**
Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro (p): **1.0435** m
Radio hidráulico (R): **0.1044** m
Velocidad (v): **1.0928** m/s
Energía específica (E): **0.2942** m-Kg/Kg

Calculador, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora, Reporte

Ejecuta las operaciones: 11:30 p.m. 08/08/2018

En el Figura N° 3.05 se muestra el cálculo del **tirante igual a Y= 0.23 m**, el borde libre será $Y/3 = 0.076\text{m}$, se tendría una altura de cuneta igual **H= 0.30m**.

La velocidad calculada es **1.0928m/s** mayor a la velocidad mínima que produce sedimentación.

Cabe mencionar que a largo de la avenida se instalarán cámaras cada 100m, estas desembocarán a la red de subdrenaje proyectada.

Figura N° 3.06:

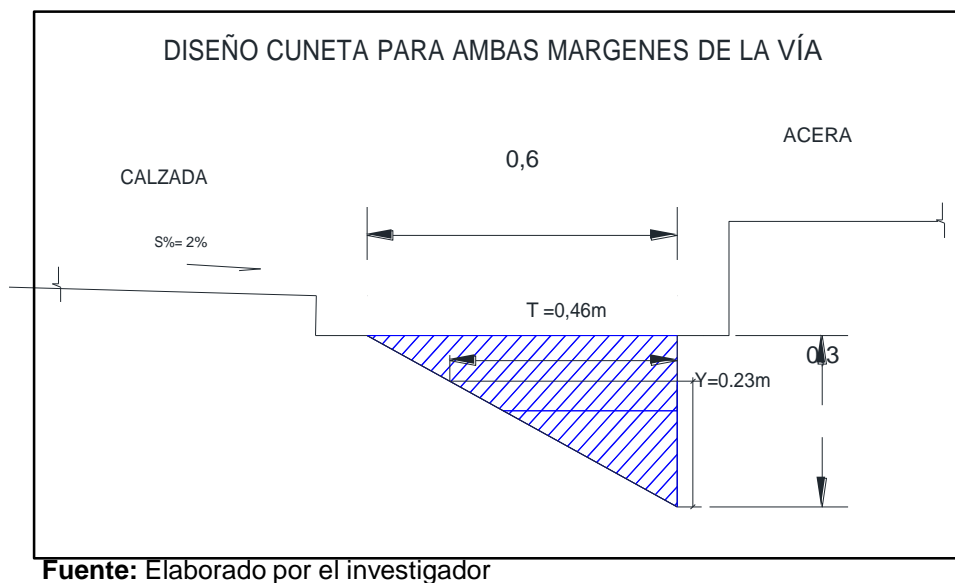
Dimensiones totales de la cuneta para una sección de vía



Esta sección de cuneta se ha diseñado el primer tramo de sección de vía, pero considerando que se colocará cunetas en ambos márgenes de la avenida la sección final de la cuneta tanto para la margen izquierda y derecha del tramo I de la vía es de la siguiente manera (Figura 3.07).

Figura N° 3.07:

Sección final de Cuneta para MD y MI el tramo I, comprendido progresiva 0+00 a 0+500



2. Diseño de cunetas en el tramo II, comprendido entre la progresiva 0+500 a 1+192.38.

Conociendo los siguientes datos:

Qdiseño (Q)	= 0.072 m ³ /s.
Talud (Z)	= 0.00
Rugosidad (n)	= 0.012 (Norma OS.060)
Pendiente (S)	= 0.35 % = 0.0035 m/m
Tirante (y)	= ¿?

Ingresando los datos al Software H canales 3.1, teniendo con incógnita el tirante (y) se obtienen los siguientes resultados (Figura N°3.08).

Figura N° 3.08:
Cálculo del tirante (y) para tramo II

The screenshot shows a software window titled 'Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular'. It contains input fields for project location, project name, and material, as well as a table of hydraulic data. A diagram of a trapezoidal channel cross-section is shown with labels for top width (T), bottom width (B), height (y), and side slope (Z). Below the data table, the results are displayed, including normal depth (y), hydraulic area (A), water surface elevation (T), Froude number (F), and specific energy (E). At the bottom, there are icons for 'Calcular', 'Limpiar Pantalla', 'Imprimir', 'Menú Principal', 'Calculadora', and 'Reporte'.

Lugar:		Proyecto:	
LAMBAYEQUE		DISEÑO DE PAV. RIGIDO, US	
Tramo:		Revestimiento:	
0+00-0+488.43		CONCRETO SIMPLE	

Datos:	
Caudal (Q):	0.072 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud (Z):	2
Rugosidad (n):	0.012
Pendiente (S):	0.0035 m/m

Resultados:	
Tirante normal (y):	0.1933 m
Área hidráulica (A):	0.0747 m ²
Espejo de agua (T):	0.7731 m
Número de Froude (F):	0.9899
Tipo de flujo:	Subcrítico
Perímetro (p):	0.8643 m
Radio hidráulico (R):	0.0864 m
Velocidad (v):	0.9638 m/s
Energía específica (E):	0.2406 m-Kg/Kg

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 11:58 p.m. 08/08/2018

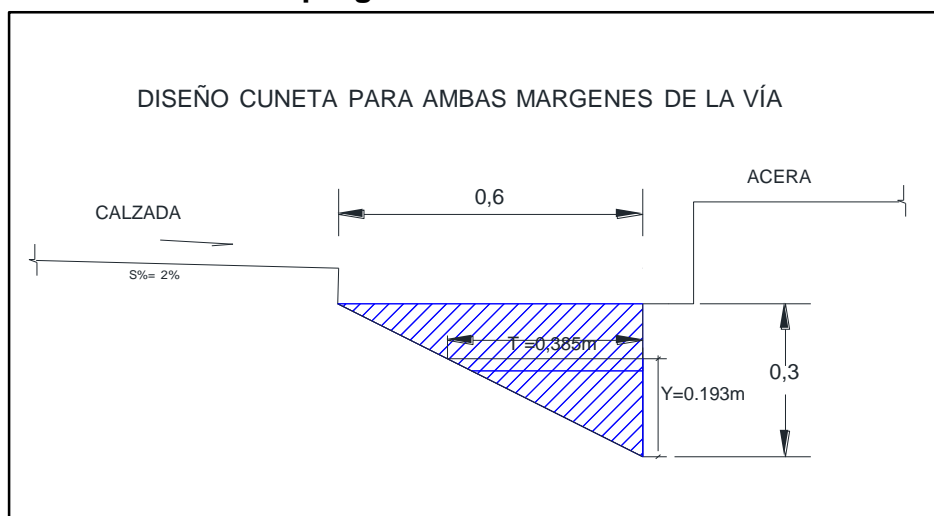
En el Figura N° 3.08 se muestra el cálculo del **tirante igual a $Y=0.1933$ m**, el borde libre será $Y/3=0.064$ m, se tendría una altura de cuneta igual a 0.2573 m, por procedimiento constructivo se asume una altura **$H=0.30$ m**.

La velocidad calculada **0.9638 m/s** es superior a la velocidad mínima.

De la misma manera del tramo anterior, la sección calculada corresponde tanto a la margen derecha como izquierda de la vía del tramo II desde progresiva 0+500 a 0+192.38, esta sección se encuentra representada en la **Figura N°3.09**.

Figura N° 3.09:

**Sección final de Cuneta para el tramo comprendido entre
II progresiva 0+500 - 1+192.38**



Fuente: Elaborado por el investigador

3.5.5 CONCLUSIONES

Tanto las pendientes como las velocidades cumplen las recomendaciones mínimas para el drenaje superficial.

En el cálculo hidráulico de la cuneta se ha utilizado la misma pendiente de la rasante del pavimento, de tal manera a que a lo largo de la vía la cuneta mantenga la uniformidad.

3.6. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL

En el presente diseño se determinará las características hidráulicas y geométricas del drenaje superficial.

3.6.1 Determinación del caudal de diseño para cunetas

Para la determinación del caudal de diseño se utilizó el método racional, para ello se ha considerado un coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 10 años es igual a: **C=0.83**, que resulta de la **Tabla N° 29 de Anexo 01** para superficies urbanas de concreto, valor que se utilizó para el cálculo del caudal de diseño.

Por lo tanto, el caudal de diseño, aplicando el método racional con la fórmula siguiente es:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

- Q : Descarga máxima de diseño (m³/s)
- C : Coeficiente de escorrentía
- I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A : Área de la cuenca (Km²)

El cálculo del área de diseño determinado en el capítulo anterior, desde la progresiva 0+00 a la progresiva 0+500 es de 0.0061km² y el área de diseño desde la progresiva 0+500 a 1+192.38 es de 0.0037km².

Para tramo 1: Progresiva 0+00 a 0+500

$$Q_1 \frac{0.83 * 84.91 * 0.0061}{3.6} \quad \mathbf{0.119 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Para tramo 2: Progresiva 0+500 a 1+192.38

$$Q_2 \frac{0.83 * 84.91 * 0.0037}{3.6} \quad \mathbf{0.072 \text{ m}^3/\text{s}}$$

3.6.2 Diseño hidráulico del drenaje superficial

En presente estudio se realizó apoyado del software Hcanales 3.1.

1. Diseño de cunetas en el tramo comprendido entre la progresiva 0+00 - 0500

Conociendo los siguientes datos:

$$Q_{\text{diseño}} (Q) = 0.119 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{Talud } (Z) = 0.00$$

$$\text{Rugosidad } (n) = 0.012 \text{ (Norma OS.060)}$$

$$\text{Pendiente } (S) = 0.35\% = 0.0035 \text{ m/m}$$

$$\text{Tirante } (y) = \text{¿?}$$

La velocidad de las aguas debe limitarse para evitar la erosión, sin reducirla tanto que pueda dar lugar a sedimentación. La velocidad mínima aconsejada es de 0.90 m/s, las máximas admisibles no deben superar 4.5m/s ver tabla N°3.03. Es decir al momento de aplicar el software se debe verificar que la velocidad este en el rango señalado.

Tabla N°3.03:
Velocidades máximas del agua

TIPO DE SUPERFICIE	MAXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo(poca o ninguna arcilla)	0.20-0.00
Arena arcillosa dura, mangas duras	0.60-0.90
Terreno parcialmente cubierta de vegetación	0.60-1.20
Arcilla, grava, pizarra blandas con cubierta vegetal	1.20-1.50
Hierba	1.20-1.80
Conglomerado, pizarras, duras, rocas, blandas	1.40-2.40
Mampostería, rocas duras	3.00-4.50*
Concreto	4.50-6.00*

*Para flujos de muy corta duración

Fuente: Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito-MTC.

Haciendo uso del **SOFTWARE HCANALES 3.1**, se realiza el cálculo del tirante (y), como se muestra en la Figura N° 3.05.

Figura N° 3.05:
Cálculo del tirante (y) para tramo I

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **LAMBAYEQUE** Proyecto: **DISEÑO DE PAV. RIGIDO, US**
Tramo: **0+00-0+498.43** Revestimiento: **CONCRETO SIMPLE**

Datos:

Caudal (Q):	0.119	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	2	
Rugosidad (n):	0.012	
Pendiente (S):	0.0035	m/m

Diagrama:

Resultados:

Tirante normal (y):	0.2333	m	Perímetro (p):	1.0435	m
Área hidráulica (A):	0.1089	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1044	m
Espejo de agua (T):	0.9334	m	Velocidad (v):	1.0928	m/s
Número de Froude (F):	1.0214		Energía específica (E):	0.2942	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Botones:

Ejecuta las operaciones 11:30 p.m. 08/08/2018

En el Figura N° 3.05 se muestra el cálculo del **tirante igual a $Y = 0.23$ m**, el borde libre será $Y/3 = 0.076$ m, se tendría una altura de cuneta igual **$H = 0.30$ m**.

La velocidad calculada es **1.0928 m/s** mayor a la velocidad mínima que produce sedimentación.

Cabe mencionar que a largo de la avenida se instalarán cámaras cada 100 m, estas desembocarán a la red de subdrenaje proyectada.

Figura N° 3.06:

Dimensiones totales de la cuneta para una sección de vía

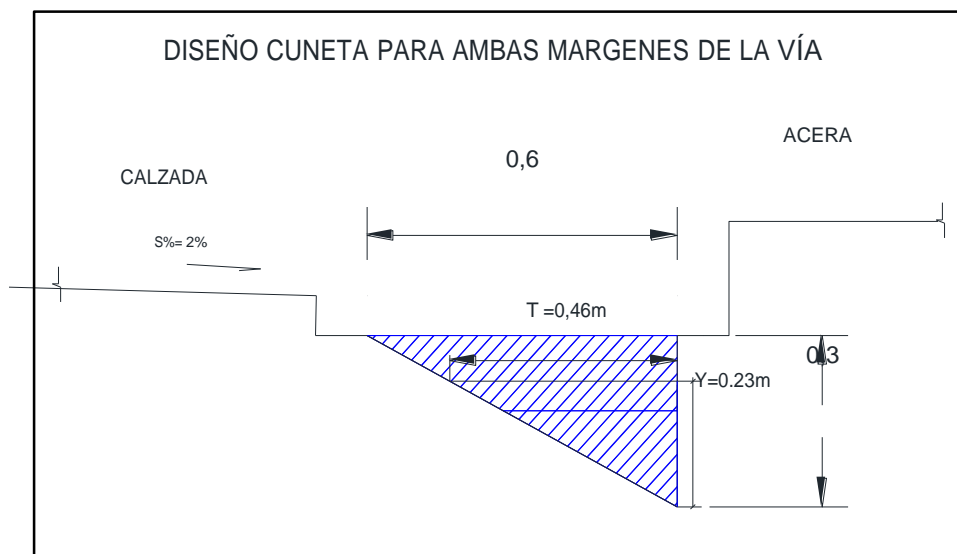


Fuente: Elaborado por el investigador

Esta sección de cuneta se ha diseñado el primer tramo de sección de vía, pero considerando que se colocará cunetas en ambos márgenes de la avenida la sección final de la cuneta tanto para la margen izquierda y derecha del tramo I de la vía es de la siguiente manera (Figura 3.07).

Figura N° 3.07:

Sección final de Cuneta para MD y MI el tramo I, comprendido progresiva 0+00 a 0+500



Fuente: Elaborado por el investigador

2. Diseño de cunetas en el tramo II, comprendido entre la progresiva 0+500 a 1+192.38.

Conociendo los siguientes datos:

Qdiseño (Q)	= 0.072 m ³ /s.
Talud (Z)	= 0.00
Rugosidad (n)	= 0.012 (Norma OS.060)
Pendiente (S)	= 0.35 % = 0.0035 m/m
Tirante (y)	= ¿?

Ingresando los datos al Software H canales 3.1, teniendo con incógnita el tirante (y) se obtienen los siguientes resultados (Figura N°3.08).

Figura N° 3.08:
Cálculo del tirante (y) para tramo II

The screenshot shows a software window titled 'Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular'. It contains input fields for project location, project name, and pavement type. Below these are input fields for design data: discharge (Q), channel width (b), side slope (Z), roughness (n), and slope (S). To the right is a diagram of a trapezoidal channel cross-section with labels for top width (T), side slope (Z), and water depth (y). Below the input fields are calculated results for normal depth (y), hydraulic area (A), water surface elevation (T), Froude number (F), type of flow, perimeter (p), hydraulic radius (R), velocity (v), and specific energy (E). At the bottom are icons for 'Calcular', 'Limpiar Pantalla', 'Imprimir', 'Menú Principal', 'Calculadora', and 'Reporte'. The status bar at the bottom shows 'Ejecuta las operaciones', the time '11:58 p.m.', and the date '08/08/2018'.

Datos:	
Caudal (Q):	0.072 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0 m
Talud (Z):	2
Rugosidad (n):	0.012
Pendiente (S):	0.0035 m/m

Resultados:	
Tirante normal (y):	0.1933 m
Área hidráulica (A):	0.0747 m ²
Espejo de agua (T):	0.7731 m
Número de Froude (F):	0.9899
Tipo de flujo:	Subcrítico
Perímetro (p):	0.8643 m
Radio hidráulico (R):	0.0864 m
Velocidad (v):	0.9538 m/s
Energía específica (E):	0.2406 m-Kg/Kg

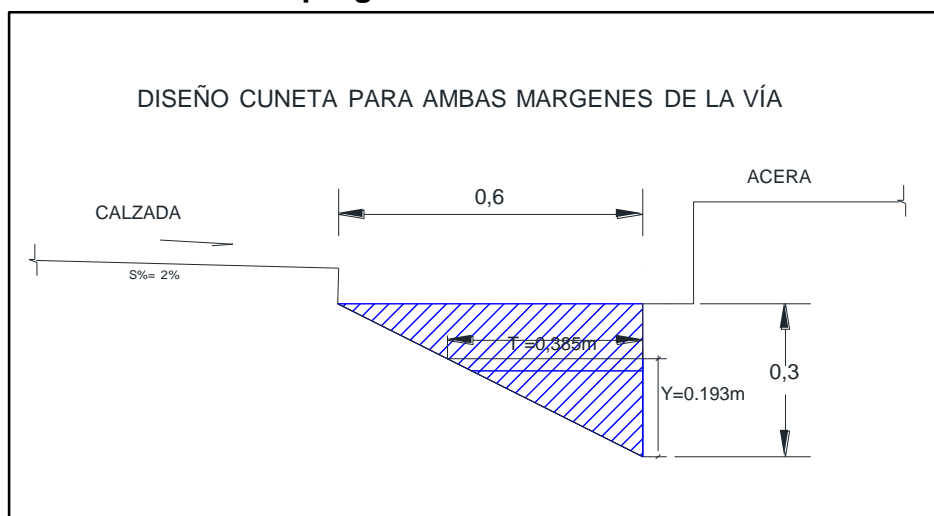
En el Figura N° 3.08 se muestra el cálculo del **tirante igual a $Y=0.1933$ m**, el borde libre será $Y/3=0.064$ m, se tendría una altura de cuneta igual a 0.2573 m, por procedimiento constructivo se asume una altura **$H=0.30$ m**.

La velocidad calculada **0.9638 m/s** es superior a la velocidad mínima.

De la misma manera del tramo anterior, la sección calculada corresponde tanto a la margen derecha como izquierda de la vía del tramo II desde progresiva 0+500 a 0+192.38, esta sección se encuentra representada en la **Figura N°3.09**.

Figura N° 3.09:

**Sección final de Cuneta para el tramo comprendido entre
II progresiva 0+500 - 1+192.38**



Fuente: Elaborado por el investigador

3.5.6 CONCLUSIONES

Tanto las pendientes como las velocidades cumplen las recomendaciones mínimas para el drenaje superficial.

En el cálculo hidráulico de la cuneta se ha utilizado la misma pendiente de la rasante del pavimento, de tal manera a que a lo largo de la vía la cuneta mantenga la uniformidad.

3.8 DISEÑO DE PAVIMENTO

El desarrollo del diseño de pavimento se realizó usando el método AASHTO de 1993, se ha elegido este método porque a diferencia del método PCA, éste método introduce el concepto de **SERVICIABILIDAD** en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario.

La ecuación AASHTO para el diseño de pavimento rígido es:

$$\log_{10}(W_{18}) Z_r S_o 7.35 \log_{10}(D + 1) 0.06 \frac{4.5}{1624} \frac{1.5}{10^7} \log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{(D + 1)^{8.46}} \right) (4.22 - 0.32 P_t) \log_{10} \left[\frac{S_c C_d (D^{0.75} 1.132)}{0.75 \frac{18.42}{215.63 J (D \frac{E_c}{k})^{0.25}}} \right]$$

Donde:

W₁₈: Número de ejes equivalentes de 8.2 ton (18 kips), también conocidas como ESAL's.

Z_r : Desviación estándar normal

S_o : Desviación estándar combinado

D : Espesor de la losa del pavimento en milímetros.

ΔPSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

P_t : Índice de Serviciabilidad o servicio final.

MR: Resistencia media del concreto (Psi) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz).

C_d : Coeficiente de drenaje.

J : Coeficiente de transferencia de carga en las juntas.

E_c : Módulo de elasticidad del concreto, en psi.

K: Módulo de reacción (coeficiente de balastro), dado en Psi/pulg de la superficie (base, sub base o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

3.8.1 Parámetros de diseño

3.8.1.1 Período de diseño

El manual de diseño del MTC (MTC 2013) establece que este debe ser como mínimo 20 años. (tabla 3.04)

Tabla N° 3.04: Periodo de análisis

PERIODO DE ANÁLISIS	
CLASIFICACIÓN DE LA VIA	PERÍODO DE ANÁLISIS (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10. - 20

Fuente: *Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

Para el presente estudio el periodo de diseño es de 20 años.

3.8.1.2 Tránsito Esal's

De acuerdo al estudio de tráfico el número de repeticiones es: **Esal's diseño = 2'883,939= 2.88E+06.**

3.8.1.3 Confiabilidad (R)

El parámetro de confiabilidad consiste básicamente en incorporar un cierto grado de certeza en el proceso de diseño, con el fin de confirmar que las alternativas de diseño durarán el período de análisis, se valor se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla N° 3.05: Niveles de Confiabilidad (R)

TIPO DE CARRETERA	NIVELES DE CONFIABILIDAD R	
	Urbanas	Rurales
Autopista Regional	85 - 99.9	80 - 99.9
Troncales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Aashto, Guide for desing of pavement structures 1993, Pag.II.9, traducido a español.

Para el presente estudio de tesis se ha tomado el valor de **R=80%**.

3.8.1.4 Desviación Estándar Combinado (So)

Una desviación estándar es seleccionada tal que represente las condiciones locales, los valores de So desarrollados en la prueba de camino AASHO no incluyeron error del tránsito, sin embargo, el error de la predicción desarrollado en la prueba correspondió a una desviación estándar total para el tránsito de 0.35 para pavimentos rígidos. En la siguiente tabla se muestran valores para la desviación estándar

Tabla N° 3.06:

Valores de la desviación estándar combinado (So)

TIPO	(So)
Pavimentos Rígidos	0.30 - 0.40
Construcción Nueva	0.35
En Sobre Capas	0.40

Según Aastho recomienda para pavimentos rígidos sección 4.3 pág. I-62 usar $S_o=0.34$. Para el presente estudio se consideró la desviación estándar total **$S_o=0.34$** .

3.8.1.5 Desviación Estándar Normal (Z_r)

Los valores de desviación estándar normal (Z_r), corresponden a los niveles seleccionados de confiabilidad (R), en el siguiente cuadro se presentan valores de Z_r y S_o para determinados valores de confiabilidad.

Tabla N° 3.07:

Valores de la desviación estándar Normal (Z_r)

DESVIACION ESTANDAR NORMAL, VALORES QUE CORRESPONDEN A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD		
CONFIABILIDAD R (%)	(Z_r)	(S_o)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32
90	-1.282	0.31
91	-1.340	0.31
92	-1.405	0.30
93	-1.476	0.30
94	-1.555	0.30
95	-1.645	0.30
96	-1.751	0.29
97	-1.881	0.29

98	-2.054	0.29
99	-2.327	0.29
99.9	-3.090	0.29
99.99	-3.750	0.29

Fuente: Manual de diseño de pavimento Flexible, Método Aastho 1993. Autor: Ing. Augusto García.

Para el presente estudio, se consideró:

Factor de confiabilidad **(R) = 80%**

Desviación estándar **(Zr) = -0.841**

3.8.1.6 Índice de Serviciabilidad inicial Po y final Pt

El índice de Serviciabilidad final de un pavimento es el valor más bajo de deterioro a que puede llegar el mismo, se sugiere que para carreteras de primer orden (de mayor tránsito) este valor sea de 2.5 y para vías menos importantes sea de 2.0; para el valor del índice de Serviciabilidad inicial la AASTHO llegó a un valor de 4.5 para pavimentos de concreto y 4.2 para pavimentos de asfalto, en el presente cuadro se aprecia valores de Pt.

Tabla N° 3.08:
Valores de la servicialidad final Pt

Pt	Clasificación
3.00	Autopistas
2.50	Colectoras
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamiento

Fuente "Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

Tabla N° 3.09:

Valores de la Serviciabilidad inicial P_o

P_o	Clasificación
4.50	Para pavimentos rígidos
4.20	Para pavimentos flexibles.

Fuente "Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

Para el presente caso se estableció un valor del índice de Serviciabilidad inicial **$P_o = 4.5$** e índice de Serviciabilidad final **$P_t = 2.0$** , de tal manera que la pérdida de Serviciabilidad **$PSI = 4.5 - 2.00 = 2.5$** .

3.8.2 Propiedades de los Materiales

3.8.2.1 Determinación del módulo de reacción efectivo de la subrasante (K)

El módulo de reacción de un suelo (K) es una medida de sus propiedades elásticas. En los pavimentos rígidos es necesario transformar este valor al del módulo de reacción de la sub-rasante "k". Este módulo de reacción representa la presión de una placa circular de 76 cm de diámetro dividida por la deformación que dicha presión produce, su unidad de medida es (kg/cm³). La ventaja del uso de este método en lugar del valor de soporte del suelo es, por una parte que permite predecir con suficiente exactitud en el análisis estructural de los sistemas multicapa, la rugosidad, el agrietamiento, el ahuellamiento y otras posibles fallas; por otra parte puede determinarse mediante ensayos no destructivos. (García Loncomilla, 2005).

El valor de k es estimado generalmente por correlación con otros ensayos simples, tal como la razón de soporte california (CBR) o las pruebas de valores R.

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos aprobados por el MTC, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica.

La presencia de la sub base granular o base granular, de calidad superior a la subrasante, permite aumentar el coeficiente de reacción de diseño, en tal sentido se aplicará la siguiente ecuación:

Para el siguiente estudio se han propuesto algunas correlaciones de "K" a partir de los datos de CBR de diseño de la sub rasante, siendo una de las más aceptadas por AASHTO las expresiones siguientes:

Ecuaciones

1. - $K = 2.55 + 52.5 (\text{Log CBR}) \dots\dots\dots \text{Mpa/m}; \text{CBR} \leq 10$
- 2.- $K = 46.0 + 9.08 (\text{Log CBR}) ^{4.34} \dots\dots \text{Mpa/m}; \text{CBR} > 10$, para nuestro caso utilizaremos la ecuación 1.

Datos

CBR de la sub rasante = 9.668%, según el informe del estudio de Mecánica de suelos que se adjunta.

CBR de la base granular = 86.30%, teniendo en consideración el estudio de la Cantera Tres Tomas, referida al 100% de su máxima densidad seca, este CBR es aceptable por ser superior al 80% que recomienda el Cuadro N°3.10.

Tabla N° 3.10:
Valor relativo soporte CBR
NTP. 339.145.1999

Vías locales y colectoras	mínimo 80 %
Vías arteriales y expresas	mínimo 100 %

Fuente: CE.010 Pavimentos Urbanos página 12.

Según el Cuadro N° 3.10, el CBR que contiene el material de la cantera Tres Tomas es **aceptable**, por tener un CBR superior al mínimo establecido por la norma NTP 339.145.1999.

Cálculo de K1, coeficiente de reacción para la base granular:

Si $CBR \leq 10$ $CBR=86.30\%$ (cantera)

$$K1 = 2.55 + 52.5 (\text{LOG (CBR)})$$

K 1= 205.7 Mpa/m

$$K1 = 20.97 \text{ Kg/cm}^3$$

Cálculo de Ko, coeficiente de reacción para Sub rasante:

Si $CBR \leq 10$ $CBR=9.668\%$ (sub rasante)

$$K = 2.55 + 52.5 (\text{LOG (CBR)})$$

$$K_o = 54.3 \text{ Mpa/m}$$

$$K_o = 5.54 \text{ kg/cm}^3$$

Cálculo de Coeficiente de reacción combinado (K_c)

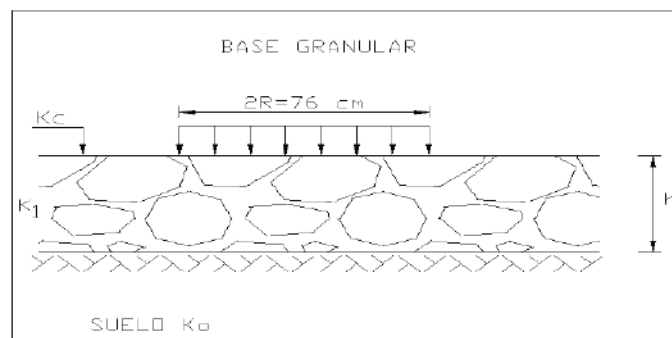
Ecuación 1

$$K_c = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$$

K_1 (kg/cm ³)	:	Coeficiente de reacción de la sub base granular
K_c (kg/cm ³)	:	Coeficiente de reacción combinado
K_0 (kg/cm ³)	:	Coeficiente de reacción de la subrasante
h	:	Espesor de la subbase granular

Figura 3.15:

Coeficientes de reacción de la base granular.



Para calcular K_c , es necesario asumir el espesor (h) de la base granular.

Espesor (h) de la Sub base.

Según las tablas 3.11 y 3.12, el espesor de la base granular sugerido de acuerdo al Esal's (para el presente estudio es 2.88×10^6 es 15 y 20cm como mínimo.

Tabla N° 3.11: Espesores de base granular mínimos sugeridos

Número de ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000-150,000	5.0 cm	10 cm
150,000-500,000	6.5 cm	10 cm
500,000-2'000,000	7.5 cm	15 cm
2'000,000-7'000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7'000,000	10 cm	15 cm

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, Aastho 1993.

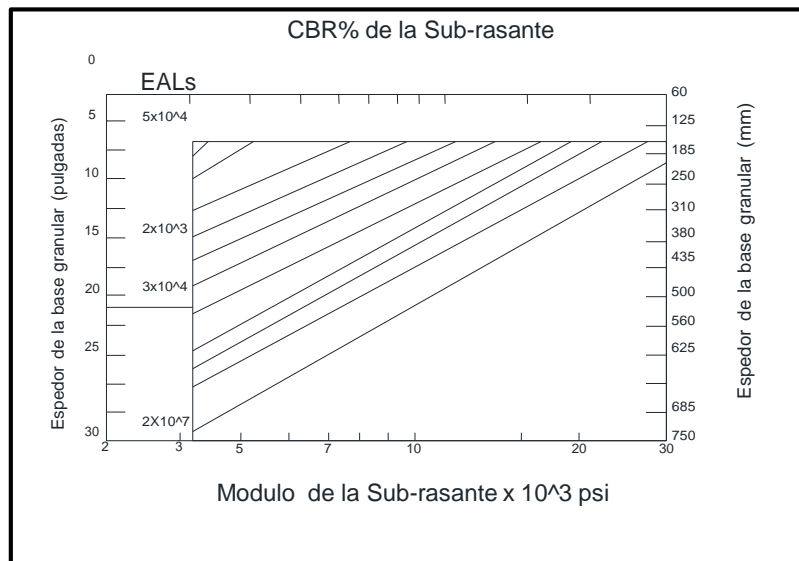
Tabla N° 3.12 Rangos de Tráfico

TIPO DE CAMINO	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Resto de caminos	T _P	1,000,001	1,500,000	Carpeta asfáltica en caliente:80mm	200 mm
	T _P	1,500,001	3,000,000	Carpeta asfáltica en caliente:90mm	200 mm
	T _P	3,000,001	5,000,000	Carpeta asfáltica en caliente:90mm	200mm
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	Carpeta asfáltica en caliente:100mm	250mm
	T _{P9}	7,500,001	10,000.00	Carpeta asfáltica en caliente:110mm	250mm
	T _{P10}	10,000,001	12,500,001	Carpeta asfáltica en caliente:120mm	250mm
	T _{P12}	12,500,001	15,500,000	Carpeta asfáltica en caliente:130mm	250mm
	T _{P13}	15,500,001	20,000,000	Carpeta asfáltica en caliente:140mm	250mm
	T _{P1}	20,000,001	25,000,000	Carpeta asfáltica en caliente:150mm	250mm
		25,000,001	30,000,000	Carpeta asfáltica en caliente:150mm	

Fuente: Manual de carreteras MTC, de alto y bajo volumen.

Figura 3.16:

Curvas de Diseño del espesor –Base Granular



De acuerdo a la figura 3.16, con un Cbr de **9.668%** y un Esal de **2.88×10^6** , corresponde un espesor de base de 0.12m aproximadamente.

Para el presente estudio se ha tomado el espesor de la **base granular de $h=20\text{cm}$**

Luego reemplazando en la ecuación 1:

$$K_c = \left[1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 \left(\frac{K_1}{K_o} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^0 \cdot K_o$$

Donde:

$$K_1 = 185 \text{ Mpa/m}$$

$$K_o = 54.2 \text{ Mpa/m}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Por tanto, el coeficiente de reacción combinado de la sub rasante **$K_c = 70.11 \text{ Mpa/m}$** .

$$K_c = 258.30 \text{ Psi/pulg.}$$

3.8.2.2 Módulo de rotura del concreto (MR)

El módulo de rotura requerido por el procedimiento de diseño es el valor medio determinado después de 28 días utilizando el ensayo de carga en los tercios. De esta manera, se obtiene en el tercio medio una zona sometida a un momento flector constante igual a $PL/3$ y la rotura se producirá en cualquier punto de este tercio medio con la única condición que exista allí una debilidad. Este ensayo es recomendable frente al ensayo de carga en el punto medio, en el cuál la rotura se producirá indefectiblemente en dicho punto (punto de aplicación de la carga) donde el momento flector es máximo.

$$MR = a (F'c)^{0.5}$$

MR: módulo de rotura del concreto (Psi)

F'c: resistencia cilíndrica del concreto (Psi)

Los valores de "a" pueden variar entre $7 < a < 12$, siendo $a=9.50$ (promedio).

Tabla N°3.13

Valores recomendados del concreto, según tráfico

Rangos de tráfico pesado en EE	Resistencia mínima a la flexo tracción del concreto (MR)	Resistencia mínima equivalente a la compresión del concreto (F'c)
$\leq 5'000,000$ EE	40kg/cm ³	210kg/cm ³
$> 5'000,000$ EE	42kg/cm ³	300kg/cm ³
$\leq 15'000,000$ EE		
$> 15'000,000$ EE	45kg/cm ³	350kg/cm ³

Fuente: (MTC, 2014) pág. 231 manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos, sección suelos y Pavimentos del MTC.

De acuerdo al número de ejes equivalentes, la resistencia del concreto será **210 kg/cm²**.

Luego el cálculo de Modulo de Rotura es como sigue:

$$MR = a (F'c)^{0.5}$$

$$MR = 519.20 \text{ psi.}$$

3.8.2.3 Módulo de Elasticidad del Concreto (Ec)

Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento.

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Para concreto de peso normal, el Instituto del Concreto Americano sugirió:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2987 \text{ psi}$$

$$Ec = 57000 (f'c)^{0.5} =$$

Donde: Ec y f'c, están dados en psi.

Para el presente estudio el cálculo del módulo de elasticidad del concreto es el siguiente:

$$Ec = 57000 (f'c)^{0.5}$$

3.8.2.4 Transferencia de carga (J)

Es la capacidad que tiene la losa de transmitir fuerzas cortantes a las losas adyacentes, lo que repercute en minimizar las deformaciones y los esfuerzos en las estructuras del pavimento, mientras mejor sea la transferencia de carga mejor será el comportamiento de la losa del pavimento.

La efectividad de la transferencia de carga entre las losas adyacentes depende de varios factores:

Cantidad de tráfico.

Utilización de pasajuntas.

Soporte lateral de las losas.

La utilización de pasajuntas es la manera más conveniente de lograr la efectividad en la transferencia de cargas, por lo que se recomienda su utilización cuando:

El tráfico pesado sea mayor al 25% del tráfico total.

El número de ejes equivalentes de diseño sea mayor de 4.0 millones de ESAL's.

Para el presente estudio de tesis el porcentaje de vehículos pesados es **17.09%**, se ha considerado usar dispositivos de transferencia de carga por seguridad, debido a que existen vehículos pesados de 6 ejes

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente de transmisión de carga en función de estos parámetros:

Tabla N° 3.14:

Valores de coeficientes de transmisión de carga "J"

	ASFALTO		CONCRETO HIDRAULICO	
Dispositivo de transferencia de Carga	SI	NO	SI	NO
TIPO DE PAVIMENTO				
Simple con juntas y Reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
CRCP (Pavimento de Concreto Continuamente Reforzado)	2.9 - 3.2	N/A	2.3-2.9	N/A

Fuente: Aashto, Guide for desing of pavement structures 1993

el presente estudio se diseñó un pavimento de concreto simple con dispositivos de transferencia de carga y berma de concreto, correspondiendo al intervalo de 2.5 a 3.1, por lo tanto se adopta un valor promedio: **J = 2.8.**

3.8.2.5 Coeficiente de drenaje (Cd)

El sistema de drenaje adoptado para esta Vía, estará orientado básicamente a la evacuación rápida de las aguas superficiales, considerándose que tendrá un drenaje bueno, para esto usaremos datos de la tabla que nos brinda AAshto.

En la Tabla N° 3.15 se presentan los coeficientes de drenaje Cd recomendados por la AASHTO.

Tabla N° 3.15: Calidad del drenaje

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad proximos a la saturación			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Exelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO, 1993

Tabla N° 3.16:

Coeficientes de drenaje AASHTO MODIFICADO

Drenaje Longitudinal	Clima	Subrasante gradación fina		Sub rasante gradación gruesa	
		Base No-Permeable	Base Permeable	Base No Permeable	Base Permeable
No	Húmedo	0.70-0.90	0.85-0.95	0.75-0.95	0.90-1.00
No	Seco	0.90-1.10	0.95-1.05	0.90-1.15	1.00-1.10
Si	Húmedo	0.75-0.95	1.00-1.10	0.90-1.10	1.05-1.15
Si	Seco	0.95-1.15	1.10-1.20	1.10-1.20	1.15-1.20

En el presente estudio por encontrarse en la región Costa, el porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación se encuentra en el rango de 5- 25%, y con calidad de drenaje bueno, se trata de un drenaje longitudinal y la sub rasante es de gradación fina. Por tal motivo se considera un coeficiente de drenaje de: **Cd = 1.05 %**.

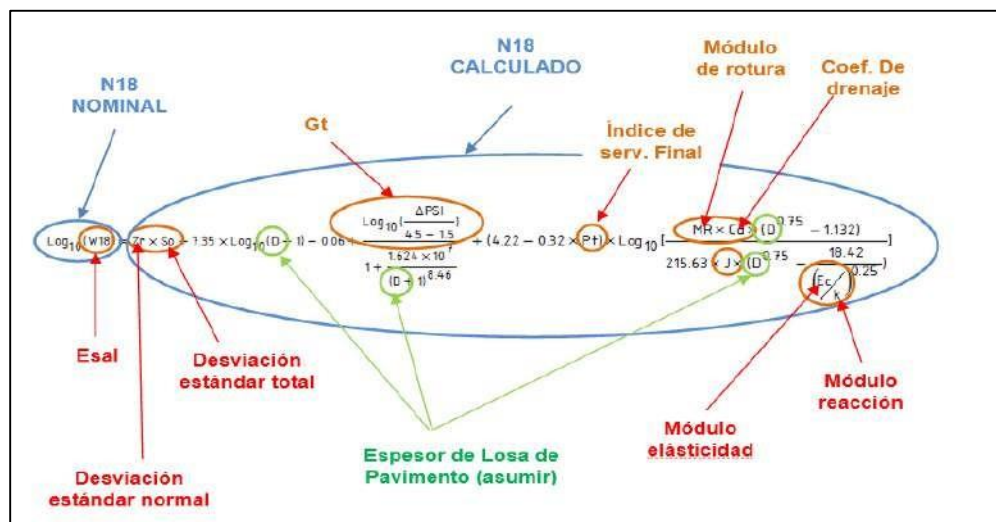
3.8.3 Cálculo del espesor de losa

Uno de los parámetros fundamentales para el diseño de espesores del pavimento, es el valor soporte (CBR) de la sub-rasante existente, y que depende del tipo de suelo con el que está conformado.

Para el cálculo del espesor de losa se determinó utilizando la ecuación correspondiente de AASHTO.

Figura 3.17:

Esquema de la ecuación para calcular espesor de losa



Donde:

$$W_{82} = 2.88E+06 = 2'883,943$$

$$Z_r = -0.841$$

$$S_o = 0.34$$

$$P_o = 4.5$$

$$P_t = 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.5$$

$$MR = 519.20 \text{ psi,}$$

$$EC = 3'112,116 \text{ psi}$$

$$J = 2.80$$

$$C_d = 1.05$$

$$K = 258.30 \text{ psi}$$

Nota: Con los datos obtenidos, se tantea el espesor de losa en la formula, hasta que “**N18 calculado**” sea igual a “**N18 Nominal**”, como se muestra:

$$\begin{array}{rcl} \text{N18 nominal} & = & \text{N18 calculado} \\ 6.8059 & = & 6.8059 \end{array}$$

Por lo tanto se obtuvo un espesor de losa:

D= 18.12 cm

Por proceso constructivo asumimos el espesor de losa D=20cm.

Comprobación de cálculo de espesor de pavimento

DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO METODO AASHTO-93		
PERIODO DE DISEÑO	20	años
TASA DE CRECIMIENTO Tca 2	3.0%	
FACTOR DE SENTIDO	0.50	
FACTOR CARRIL	0.80	
SUELO DE FUNDACION: CBR DE DISEÑO	9.63%	
TRAFICO (W18)	2883943	
INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Po)	4.50	
INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)	2.00	
SERVICABILIDAD (Δ PSI)	2.50	
MODULO DE ROPTURA (MR)	519.20	Psi
MODULO DE ELASTICIDAD (Ec)	3115191.0627	Psi
RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE (K)	258.30	Psi/pulg
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J)	2.8	
COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	1.05	
NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	80	%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)	-0.841	
ERROR ESTANDAR COMBINADO (So)	0.34	

Ecuación AASHTO 93	
Tipo de Pavimento <input type="radio"/> Pavimento flexible <input checked="" type="radio"/> Pavimento rígido	
Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 80 % Zr=-0.841 So 0.34	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.5 PSI final 2	
Módulo de reacción de la subrasante k 258.3 pci	
Información adicional para pavimentos rígidos	
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	3115191.0627
Coeficiente de transmisión de carga - (J)	2.8
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	519.20
Coeficiente de drenaje - (Cd)	1.05
Tipo de Análisis <input type="radio"/> Calcular D <input checked="" type="radio"/> Calcular W18	
D =	7.13204
W18 =	2883943
Cálculo de 18 kips	
Calcular	Salir

D = 7.1321 in	
$\log_{10}(W18) - Zr \times So + 0.06 = 6.8069 \dots \text{Ec. I}$	
$7.35 \times \log_{10}(D + 1) + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 - \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10}\left[\frac{S'c \times Cd \times D^{0.75} - 1.132}{215.63 \times J \times D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{Ec'}{K}\right)^{0.25}}}\right] = 6.8069 \dots \text{Ec. II}$	
Espesor de la Losa de D= 18.12 cm	
LUEGO: LOS ESPESORES SERÁN:	
- Losa de Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	e= 20.00 cm
- Base Granular	e= 20.00 cm

3.8.4 Mecanismo de Transferencia de Cargas

Diseño de Pasadores o Dowells

Son barras de acero lisas (cuyo diámetro aproximado es $1/8$ del espesor de la losa), insertadas en la mitad de las juntas con el propósito de transferir cargas sin restringir el movimiento de las losas y permitiendo el alineamiento horizontal y vertical. El empleo de pasadores disminuye las deflexiones y los esfuerzos del concreto, reduciendo el escalonamiento, bombeo y las fallas de esquina.

Para el diseño de juntas transversales y longitudinales se realizará teniendo en cuenta los criterios estipulados en la norma CE.010 Norma pavimentos urbanos.

Juntas longitudinales

Como se trata de un pavimento simple se ha considerado juntas longitudinales de 4m que es la longitud máxima de acuerdo a la norma, con un espesor de 3mm y una profundidad de 5cm.

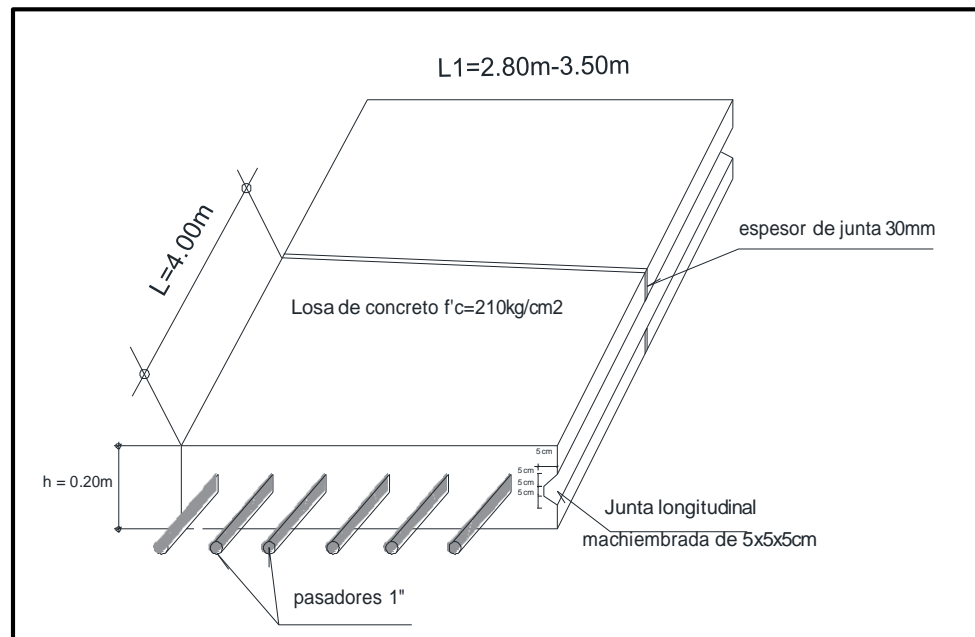
Esta junta se tendrá una forma machihembrada en forma de un trapecio de medidas 5cmx5mx5cm, tal como se muestra en la **Figura N°3.18**.

Juntas transversales

Se ha diseñado la junta transversal con una longitud de 2.80m en la progresiva 0+00 a 0+480, según la norma para pavimentos de espesor 20cm, la longitud máxima debe ser 4.60m.

En el tramo 2 progresiva 0+480 a 1+192.38, se ha diseñado una junta de 3.50m, que coincide con la totalidad del ancho del pavimento.

Figura 3.18: Detalle de pavimento rígido con juntas



Fuente: Elaborado por el investigador

Cálculo de área de acero para barras de pasadores

$$A_s = \frac{W_c \cdot h \cdot F_a \cdot F_s}{F_y}$$

Donde:

W_c = Peso específico del concreto (lb/pulg³) = 0.00867055

h = Espesor de losa (pulg) = 8.00

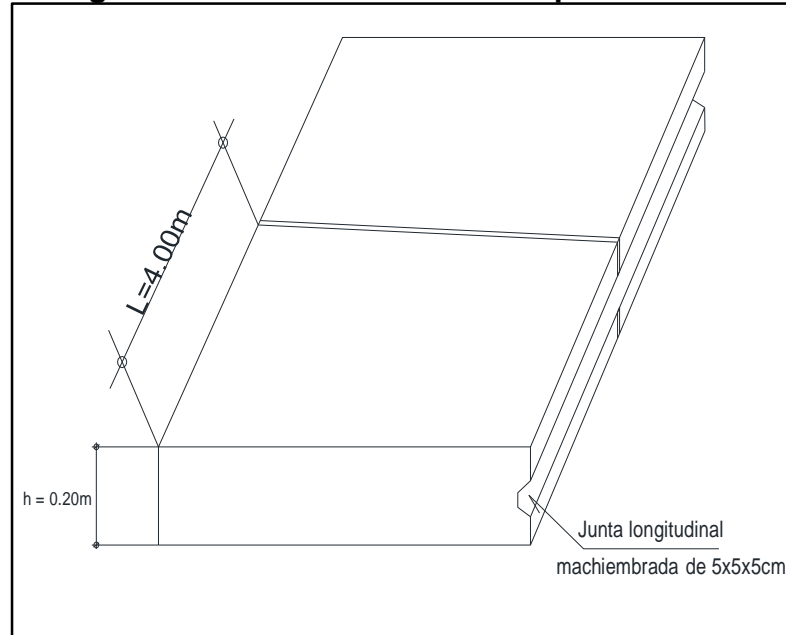
L = Longitud de la losa en pulg = 157 (4.00m)

F_a = Coeficiente promedio de fricción entre la losa y la sub rasante se asume varía entre 1.5-2, se adopta 2.0

F_s = Esfuerzo permisible en el acero Psi = 27,000

Reemplazando estos valores en la ecuación obtenemos **$A_s = 0.0080915 \text{ pulg}^2/\text{pulg}$** .

Figura N° 3.19: Sección de losa para análisis



Fuente: Elaborado por el investigador

Cálculo de separación entre barras

Diámetro a usar $\phi = 1" = 2.54\text{cm}$

$S = (A_s \text{ barra}) / (A_s \text{ calculado})$

$S = 246 \text{ cm}$

Cálculo de longitud de barras

$$t = \left(\frac{F_s \cdot d}{2 \cdot u} \right) + 7.5$$

t: longitud total de la barra en cm

F_s : Esfuerzo admisible del acero = 27,000 psi

d: diámetro de la barra = 2.54cm

u: 600 psi

Reemplazando estos valores y redondeando obtenemos **t = 65 cm.**

En el siguiente cuadro se muestra los diámetros y longitudes recomendados en pasadores o dowells basados en la experiencia de PCA.

Tabla N° 3.17:

Medidas de varillas pasajuntas para diferentes espesores de losa

ESPESOR DE LOSA		BARRAS PASAJUNTAS					
		DIAMETRO		LONGITUD		SEPARACIÓN	
cm	Pulg.	mm	Pulg	cm	Pulg.	cm	Pulg
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18

Fuente: Tablas de medidas pasajuntas para diferentes espesores de losas según recomendaciones del PCA (Portland Cement Association).

De acuerdo al Cuadro N°3.17, se usarán los pasajuntas o Dowells de **1" (2.54cm)** de diámetro, tendrán una longitud total de **65 cm** y tendrán una separación de **30 cm**.

3.8.5 Propuesta técnica de pavimento rígido

Según los resultados obtenidos, debido a que se cuenta con CRB 9.668% se considera como alternativa Técnica:

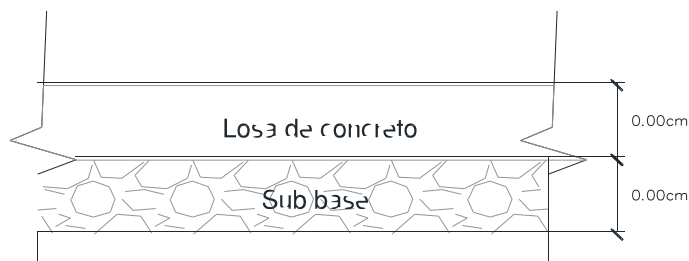
En la capa de Sub -Base de Material Granular (Afirmado Tipo I) $e=0.20$ m y con una losa de Concreto de $f'c = 210$ kg/cm² de $e=0.20$ m.

Estructura del Pavimento:

Losa de concreto : 20 cm

Sub-base Granular (Afirmado) : 20 cm
Total : 0.40cm

Figura N° 3.20: Sección de pavimento rígido calculado



Fuente: Elaborado por el investigador

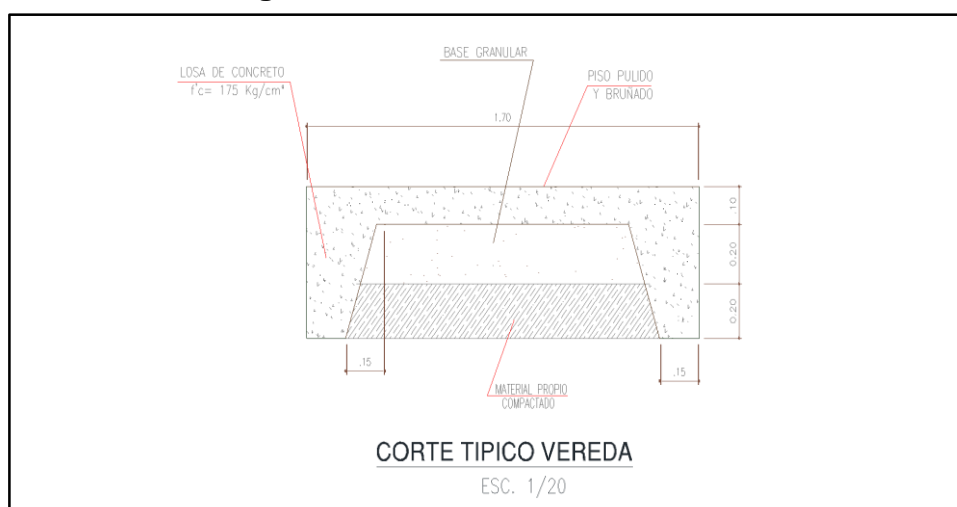
3.8.6 Diseño de veredas de concreto

Para el presente proyecto se ha considerado veredas típicas de concreto simple, tomando recomendaciones de la Norma Técnica Peruana CE.010 (Cuadro 3.46).

Se ha considerado veredas de ancho **1.70m** con juntas cada **3m**, y **100mm** de espesor de acuerdo a las recomendaciones del cuadro **N°3.46**.

Así mismo se ha considerado un espesor de **base granular de 20 cm**.

Figura N° 3.21: Sección de veredas



Fuente: Elaborado por el investigador

Tabla N° 3.18: Requisitos que deben cumplir las aceras o veredas

Tipo de elemento		Aceras o veredas	Pasajes peatonales	Ciclovías
Elemento				
Sub rasante		95% de compactación: Suelos granulares-proctor modificado Suelos cohesivos - Proctor estándar		
		Espesor compactado ≥150mm		
Base		CBR ≥ 30%	CBR ≥ 60%	
Espeso de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30mm		
	Concreto de cemento Portland	≥ 100mm		
	Adoquines	≥ 40mm (se deberán apoyar sobre una cama de arena fina de espesor comprendido entre 25 y 40mm)		
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico *		
	Concreto de cemento Portland	f'c ≥ 17,5Mpa (175kg/cm2)		
	Adoquines	f'c ≥ 32Mpa (320kg/cm2)	N.R.**	
NR**: No recomendable				

Fuente: NTE CE.010 Pavimentos Urbanos

3.8.7 Diseño de pavimento articulado

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme elaborados entre, esta puede ir ubicada sobre una capa delgada de arena, la cual a su vez sobre una capa granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de las cargas que circulan por dicho pavimento.

3.8.7.1 Requisitos que deben cumplir los pavimentos articulados

Según la NTE CE.010 pavimentos urbanos, los pavimentos de bloques intertrabados (adoquines) de concreto hidráulico, estos materiales deberán cumplir los requisitos indicados en las tablas siguientes.

El material para la cama de arena de los adoquines deberá cumplir con la granulometría recomendada en la **Tabla N°3.19**

Para el presente estudio se contempla utilizar arena gruesa zarandeada proveniente de la cantera La Victoria-Pátapo.

Tabla N° 3.19: Granulometría de la cama de arena

ASTMC33

MALLA	% PASA
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm(N°4)	95-100
2,36mm(N°08)	85-100
1,18mm(N°16)	50-85
600um(N°30)	25-60
300um(N°50)	10-30.
150um(N°100)	02-10.
75um(N°200)	00-01.

Fuente NTE CE.010 Pavimentos Urbanos

El material para el sello de junta entre adoquines, deberá cumplir con la granulometría recomendada en **Tabla 3.20**.

Para el presente estudio se utilizará arenilla de médano proveniente de la cantera ubicada en la carretera a San José

Tabla N°3.20: Granulometría de la Arena de sello

ASTM C144

MALLA	% PASA
4,75 mm(N°4)	100
2,36mm(N°08)	95-100
1,18mm(N°16)	70-100
600um(N°30)	40-75
300um(N°50)	20-40
150um(N°100)	10-25.
75um(N°200)	00-10.

Fuente NTE CE.010 Pavimentos Urbanos

3.8.7.2 Sub base para pavimento articulado

El espesor de la sub base se ha determinado siguiendo la recomendación de la Tabla N° 3.21.

Tabla N°3.21:

Espesores recomendados de bases granulares compactadas según el tipo de suelo

	TIPO DE TRANSITO		
CATEGORIA DE SUELO	Clase A (cm)	Clase B (cm)	Clase C (cm)
S1	20	10-20.	10
S2	26	14-22.	10
S3	32	17-28.	10

Fuente: ICCG (Instituto del cemento y concreto de Guatemala)

Según el Instituto del cemento y concreto de Guatemala-ICCG, determina el concepto de S1, S2 y S3.

Suelo categoría 1 (S1): Es de buena calidad y, aun cuando está húmedo, permite el paso de vehículos pesados sin deformarse. CBR 15 o más Suelo.

Suelo categoría 2 (S2): Es de calidad intermedia; por lo cual, cuando está húmedo, permite el paso de vehículos pesados con poca deformación. CBR entre 5 y 15.

Suelo categoría 3 (S3): Es de mala calidad; es decir, cuando esta húmedo se deforma con el paso de unos pocos vehículos pesados y se hace muy difícil la circulación sobre él. $CBR < 5$.

Clase A: Tránsito pesado

Clase B: tránsito pesado

Clase C: tránsito peatonal.

De acuerdo a la **Tabla N°3.21**, para un suelo de categoría S2 y clase C, determina una base granular de 10cm, **para el presente proyecto se ha adoptado un espesor de base granular de 20 cm.**

3.8.7.3 Selección del tipo de pavimento articulado

Para nuestro proyecto de tesis utilizando las Tablas 3.21 y 3.22, se ha seleccionado el pavimento de adoquín de tipo I de espesor 60mm para uso peatonal con una promedio resistencia de 31Mpa.

Tabla N° 3.22: Adoquines -Requisito
NTP 399.611:2003

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero.
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Fuente NTE CE.010 Pavimentos Urbanos

Tabla N° 3.23: Resistencia a la compresión

TIPO	ESPESOR (mm)	PROMEDIO(Mpa)	MINIMO *(Mpa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	28
	80	37	37
III	100	35	32
	≥80	55	60

*Valores correspondientes a una muestra de tres unidades

Fuente: NTE CE.010 Pavimentos Urbanos

3.8.7.4 Propuesta técnica de pavimento articulado

Se seleccionó pavimento de adoquín tipo I para soportar esfuerzos de tipo peatonal con resistencia a la compresión de 31 Mpa, para ello se usó las tablas precedentes.

Para el presente estudio se ha seleccionado para la capa de rodadura un adoquín de concreto Tipo I para uso peatonal de dimensiones **20cm x 10x 6cm**.

Según la tabla N°3.21, para suelos tipo S2 y tránsito C (peatonal), recomienda 10cm de base granular como mínimo, para el presente estudio se ha considerado **20cm**.

De acuerdo a la tabla N°3.18, se ha considerado una cama de arena de **40 mm**, se utilizará arena gruesa zarandeada proveniente de la cantera La Victoria-Pátapo.

Se ha considerado colocar sello de **arenilla de médano** proveniente de la cantera ubicada en la carretera a San José.

Cuadro N° 3.26: Resumen de Parámetros de Diseño

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	OFERTA CON PROYECTO
1. Calzadas	
Longitud total (m)	1,192.38
IMDa (vehículos/día)	626
IMDa (proyectado)	878
Tipo de Superficie de rodadura	Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
Ancho de Superficie de rodadura	Variable 2.80m, 3.50m
Velocidad directriz (Km/hora)	30-40
Pendiente máxima (%)	0.12%
Bombeo (%)	2%
Espesor del pavimento (m)	0.20
2. Veredas	
Longitud total (m)	1,152.06
Ancho (m)	1.70
Espesor de losa (m)	0.10
Losa de concreto	$f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
3. Cunetas de Drenaje Pluvial	
Longitud total (m)	1,192.38
Sección interna	Triangular H=0.30m x B=0.60m
Concreto	$F'c=175 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Elaborado por el investigador

3.9 SEÑALIZACIÓN

La avenida Andrés Avelino Cáceres, se ubica en la zona urbana del distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque. Esta vía tiene un recorrido con dirección Oeste – Este y cuenta con una longitud total de **1+192.38** Km.

Esta vía existente se desplaza por una zona urbana con escasa pendiente 0.12%, lo que permite la visibilidad del conductor, así mismo no existen cambios de dirección significativos.

El presente Estudio tiene el objetivo de establecer aquellos sectores críticos o deficientes en seguridad que deberán ser dotados de los elementos de señalización vertical y horizontal que permitan obtener niveles adecuados de seguridad en concordancia con lo señalado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC-2016 en vigencia.

3.9.1.1 Zonas vialmente inseguros

A lo largo de la avenida existen intersecciones con calles y avenidas que tienen que ser señalizadas según la normatividad vigente para el paso de peatones principalmente.

Así mismo en la trayectoria a esta vía existen instituciones públicas y privadas muy cercanas como el museo Tumbas Reales del señor de Sipán, el hospital Belén, seguro social, emisoras de radio, hostales, etc., que deberán ser señalizados según el plano de señalizaciones correspondiente.

3.9.1.2 Señalización vertical

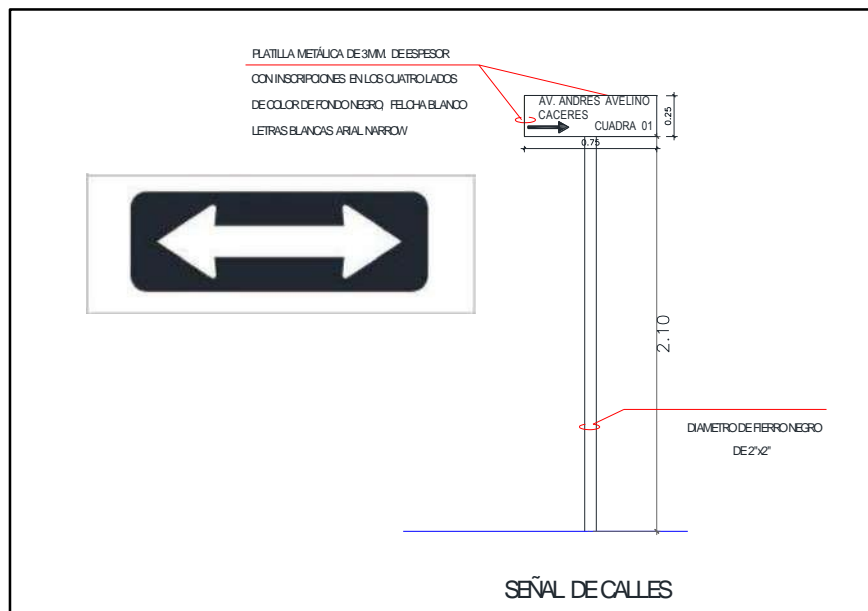
A continuación se describe y grafica las señales que se utilizarán en el presente proyecto de investigación.

(R-14B) Señal de Tránsito en ambos sentidos

La señal será de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal, de 0.25m x 0.75m pudiéndose aumentar dichas dimensiones, respetándose la proporción 13, será de fondo negro, con flecha color blanco, llevando optativamente la leyenda "TRANSITO" en letras negras.

Esta señal se ha considerado en la intersección de calles importantes y cambios de sección, los detalles y ubicaciones se encuentran detalladas en el plano de señalización.

Figura N° 3.23: Señal de sentido de tránsito: R-14



Fuente: Elaborado por el investigador

b. Señales de prevención

Señal curva pronunciada a la derecha (P-1A)

Esta señal advierte al conductor la proximidad de una curva horizontal pronunciada hacia la derecha.

Figura N° 3.24:



Esta señalización se ubicará en el KM 0+980, dado que es el único cambio de dirección que existe en la avenida Andrés Avelino Cáceres.

Fuente: (MTC/14, 2016) Manual de dispositivo de control de tránsito automotor para calles y carreteras. pág.83.

Señal curva pronunciada a la izquierda (P-1B)

Figura N° 3.25:



Esta señalización se ubicará en el KM 0+980, dado que es el único cambio de dirección que existe en la avenida Andrés Avelino Cáceres.

Fuente: (MTC/14, 2016) Manual de dispositivo de control de tránsito automotor para calles y carreteras. pág.83.

Señal de reducción de calzada en ambos lados (P-17A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una reducción o estrechamiento de la calzada a ambos lados conservando el mismo eje.

Figura N° 3.26:



Esta señalización se ubicará en el KM 0+480, antes de ingresar a la sección de 2 calzadas de 2 carriles de la avenida Andrés Avelino Cáceres.

Fuente: (MTC/14, 2016) Manual de dispositivo de control de tránsito automotor para calles y carreteras. pág.88.

Señal de reducción de calzada en ambos lados (P-21A)

Figura N° 3.27:



Esta señalización se ubicará en el KM 0+520, antes de ingresar a la sección de 2 calzadas de 4 carriles de la avenida Andrés Avelino Cáceres

Fuente: (MTC/14, 2016) Manual de dispositivo de control de tránsito automotor para calles y carreteras. pág.88.

Señal proximidad reductor de velocidad tipo resalto (P-33A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un reductor de velocidad

tipo resalto circular o trapezoidal, deberá colocarse a una distancia mínima de 60m antes de la ubicación del reductor de velocidad.

Figura N° 3.28:



Esta señalización se ubicará en el KM 0+240 y 0+280, en la intersección de la avenida Andrés Avelino Cáceres y la avenida Juan Pablo Vizcardo y Guzmán

Fuente: (MTC/14, 2016) Manual de dispositivo de control de tránsito automotor para calles y carreteras. pág.90.

c. Señales de información

Señal hospital (I-14)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un “Centro de prestación de servicios de salud”.

Figura N° 3.29:



Esta señalización se ubicará en el KM 0+080 y para indicar la ubicación de hospital del seguro, ubicado en la intersección con Lacalle López

Fuente: (MTC/14, 2016) Manual de dispositivo de control de tránsito automotor para calles y carreteras. pág.101.

3.9.1.3 Marcas en el pavimento o demarcaciones

Las Marcas en el Pavimento o Demarcaciones, constituyen la señalización horizontal y está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas,

símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

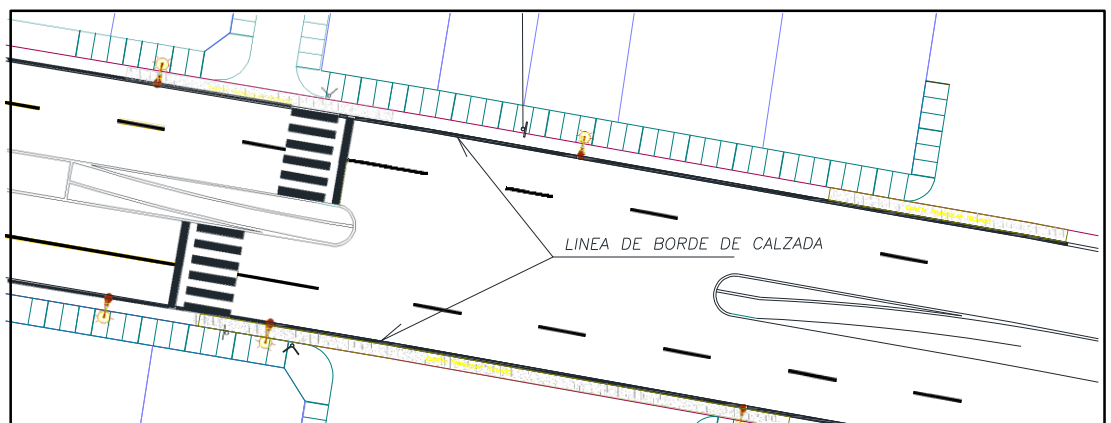
Las marcas usadas en el siguiente estudio de tesis es la siguiente:

Línea de borde de calzada o superficie de rodadura

Estas líneas se ubicaran a filo de calzada e inicio de cuneta a lo largo de toda la avenida, se pintara de manera continua con un ancho de 15cm en color amarillo (ver figura N°3.30).

Figura N° 3.30:

Línea de borde calzada de la avenida Andrés Avelino Cáceres



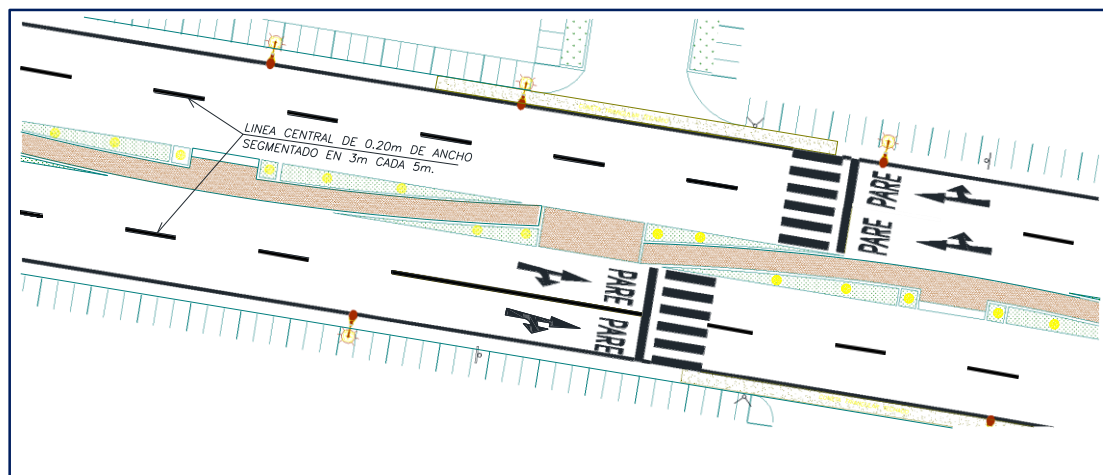
Fuente: Elaborado por el investigador

Línea de Central

La línea central es una línea discontinua de color blanco y de ancho 0.20m, esta se ubicará desde la progresiva 0+00 a 0+460, que es el tramo donde sea diseñado 2 calzadas con 2 carriles en mismo sentido(ver figura N°3.31).

Figura N° 3.31:

Línea central de la avenida progresiva 0+00 a 0+460



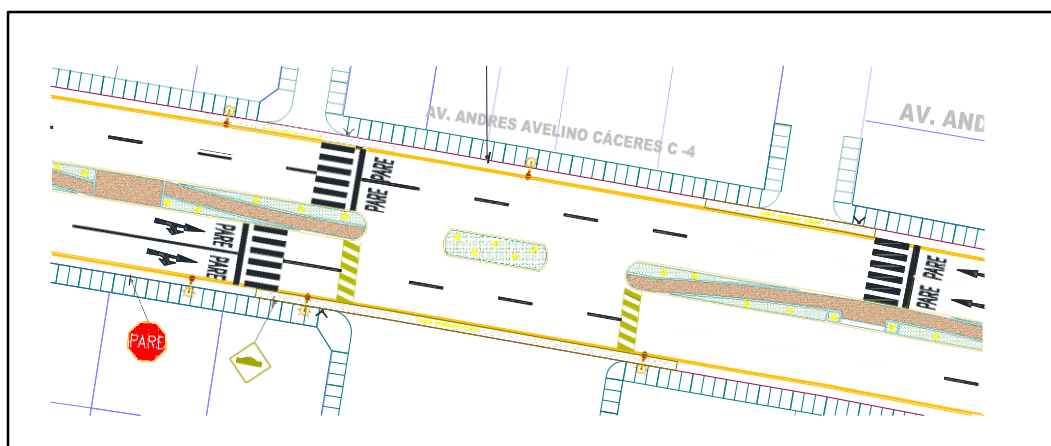
Fuente: Elaborado por el investigador

Demarcación de línea de pare

Esta demarcación se realizará en las intersecciones de calles, las medidas que se utilizaron están de acorde con los valores mínimos del Manual de dispositivo de control de tránsito automotor para calles y carreteras pag.272, para velocidades menores a 60km/h.

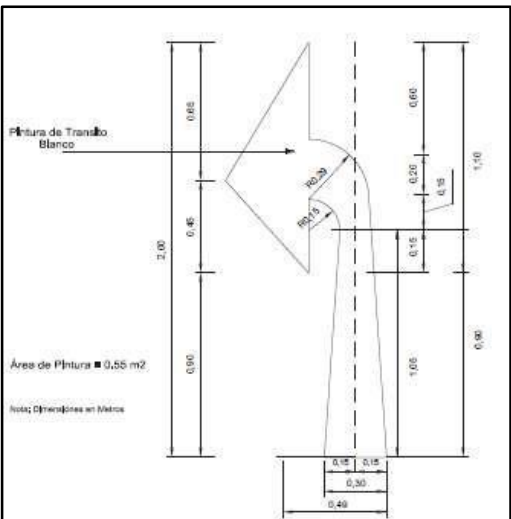
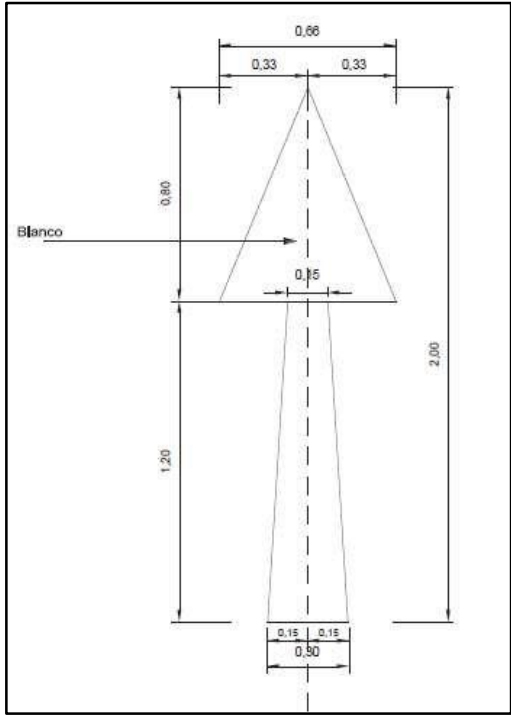
Figura N° 3.32:

Demarcación de línea de pare



Fuente: Elaborado por el investigador

Flecha recta y de giro para $v \leq 60\text{km/h}$



Fuente: (MTC/14, 2016) Manual de dispositivo de control de tránsito automotor para calles y carreteras. pág.303.

3.10 DISEÑO DE SUBDRENAJE

En el presente estudio existe un tramo crítico (C10 y C11) donde es necesario controlar el nivel freático en algunas épocas del año para evitar el deterioro del pavimento, por ello se ha optado utilizar geosintéticos para la función de filtración y evacuación de fluidos, comúnmente llamado geodrén. Este tipo de subdrén se utilizó en el tramo final de la avenida en estudio donde presenta un cultivo de caña instalado en la margen derecha de la vía, este problema eleva el nivel freático cuando se aplica riego al cultivo, y aún más cuando llueve en la zona.

El objetivo de utilizar geodrenes además de evacuar el agua pluvial para proteger el pavimento es reemplazar la capa de material filtrante que comúnmente se usa, teniendo opciones más económicas y fáciles de instalar así como disminuir la explotación de canteras.

Consideraciones para el estudio.

En el presente estudio de investigación se ha considerado el estado más crítico, es decir en un supuesto que se aplique riego y al día siguiente llueva en la zona.

Se considera el uso de geodrenes verticales, puesto que no existe nivel freático por encima de la subrasante.

Se ha considerado el uso de geodrén en ambos lados del pavimento, por debajo de la cuneta proyectada.

En cuanto a la aplicación de riego al cultivo instalado en la margen derecha de la vía, el Ing. Jorge Tejada Sorraluz, en la guía técnica Manejo Integrado del cultivo de caña de azúcar-Perú 2013, pág.11, menciona que la lámina riego normal para este cultivo es de 1, 000 a 3,000m³/ha, y cuando se aplica un riego pesado por encima de los 3,000m³/ha.

Para el presente estudio de tesis se considera un riego máximo de 3,500m³/ha y para una hectárea esta aplicación tiene una duración

aproximada de 3 horas, por tanto la lámina de riego para el cultivo de caña de azúcar expresado en mm/h es **116.67**.

El caudal a evacuar se realizará con tubería PVC a una caja receptora ubicada a 140m, con una cota de 15.88msm, es el único punto con un nivel inferior a la vía, en este lugar se siembra cultivos de pan llevar.

Datos para el diseño.

Según el diseño de la avenida se optó por colocar los geodrenes a una distancia entre ejes de 11.44m. (Ver figura N°3.34).

Se instalará el geodrén a 0.90m de profundidad con respecto a la rasante y 0.50m con respecto a la subrasante (ver figura N°3.34), teniendo en cuenta la velocidad mínima que existe para poder evacuar el fluido sin que exista sedimentación.

El nivel freático 1 día después de la aplicación de riego es -1.00m y el nivel freático en condiciones normales sin riego es de 2.30m.

La precipitación máxima horaria calculada con el método de Gumbel Log. Es de **84.91mm/h** y la lámina de riego para el cultivo de caña de azúcar es **116.67mm/h**.

De acuerdo a la primera lectura del nivel freático, se tiene que para 116.67mm/h de aplicación de riego el nivel freático ascendió 1.30m, bajo este mismo criterio para una aplicación de 84.91mm/h, el nivel freático ascenderá 0.95m, es decir a 5cm para llegar a la sub rasante(ver figura N°3.34).

Pendiente $S=0.33\%$

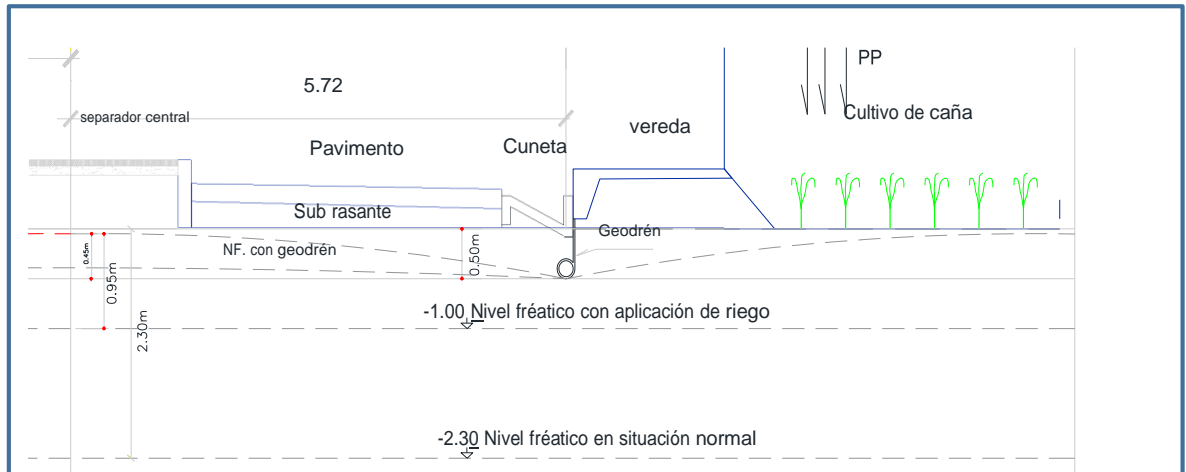
Clasificación de suelo: CL (del Ems)

Permeabilidad= 4.584×10^{-7} m/s (obtenida por ensayos insitu)

D₈₅= 0.075mm (dato extraído de curva granulométrica).

Figura N°3.34

Sección transversal de ubicación de geodrén



Fuente: Elaborado por el investigador

1. Área a sub drenar

El área está conformado por un ancho de vía de 11.79m y 5.72m de franja de terreno de cultivo, la longitud total a sub drenar es 212.38m, en total existe un área de 2,504m² de pavimento de concreto y 1,214.81m² de área de cultivo.

2. Cálculo del caudal total de diseño

Caudal de infiltración del pavimento $Q_{inf.1}$

$$Q_{inf.1} = I_R \times B \times L \times F_i \times F_r \dots\dots\dots I$$

También se podría utilizar la fórmula $Q_{inf.1} = I_R \times B \times L \times (1 - C)$ donde C, es el valor de la escorrentía, C=0.83 se utilizó para el diseño de

cunetas, por tanto $(1-C)=0.17$ es el factor que se infiltra en el pavimento, ambas fórmulas arrojan valores aproximadamente similares.

I_R : Precipitación máxima horaria de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto= 84.91mm/h = 2.358611×10^{-5} m/s.

B : Para Subdrenes longitudinales, B es la semibanca de la vía (ancho de la vía/2). Para el caso de subdrenes transversales, B es la distancia entre subdrenes.= 5.72m

L : Longitud de drenaje.= 212.38m

F_i : Factor de infiltración; para pavimentos de concreto de cemento portland recomienda 0.67 **Tabla N°47** del Anexo 01.

F_R : Factor de retención de la base. Refleja el hecho que las bases, dada su permeabilidad entregan lentamente el agua al subdren, para bases bien gradadas con más de 5 años de servicio se recomienda 0.25 **tabla N°48** del Anexo 01.

Reemplazando en (I).

$$Q_i = 2.358611 \times 10^{-5} \times 5.72 \times 212.38 \times 0.67 \times 0.25$$

$$Q_i = 0.00047 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal de infiltración del terreno de cultivo $Q_{inf.pp}$

Es el caudal de aporte al subdrenaje por efectos de precipitaciones en terreno de cultivo que se encuentra la margen derecha de la avenida entre la cuadra 11 y 12.

Para calcular este aporte se debe analizar el caudal por efectos de la precipitación en el área de influencia del cultivo y cuanto de este caudal se infiltra al sub drenaje en un suelo saturado, dado que es la situación más crítica.

- a. Caudal por efecto de la máxima precipitación horaria Q_{pH}

$$Q_{pH} = \frac{I_r A}{36,000,000} = \frac{84.91 \text{ mm/h} \cdot 5.72 \cdot 212.38}{36,000,000}$$

Donde:

$$I_r = 84.91 \text{ mm/h} = 2.358611 \times 10^{-5} \text{ m/s.}$$

A = es área e influencia del terreno de cultivo al subdrenaje.

$$Q_{pH} = 0.02865 \text{ l/s}$$

- b. Caudal que se infiltra al subdrenaje en un suelo arcilloso de baja permeabilidad

$$Q_{inf} = K A = 4.584 \times 10^{-7} \cdot 5.72 \cdot 212.38$$

Donde:

K= es la permeabilidad del suelo = $4.584 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ (obtenida por ensayo insitu).

$$Q_{inf} = \frac{K A}{1} = \frac{4.584 \times 10^{-7} \cdot 5.72 \cdot 212.38}{1}$$

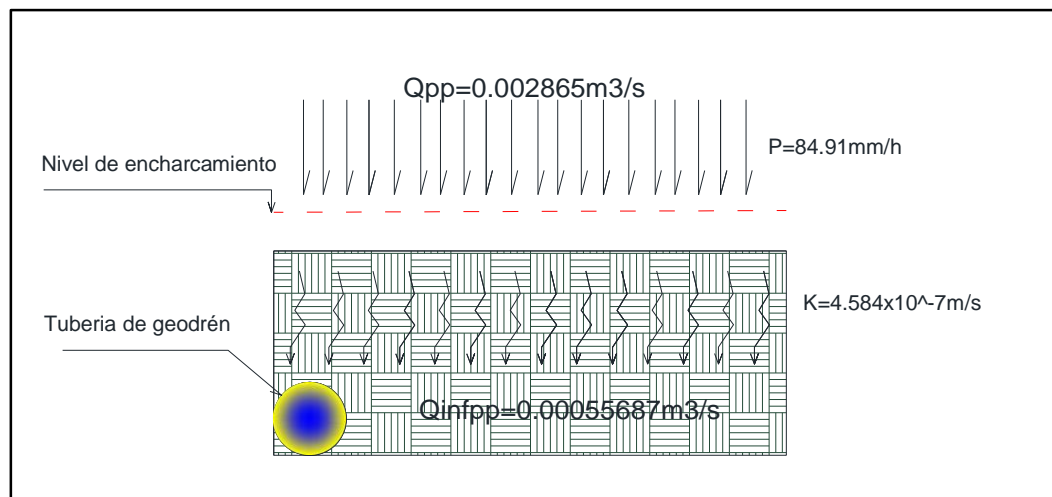
- c. Factor o coeficiente de filtración en suelo saturado C_f

$$C_f = \frac{Q_{pH}}{Q_{inf}}$$

$$Q_{inf} = \frac{0.000555687 \text{ m}^3/\text{s}}{0.02865 \text{ m}^3/\text{s}} = 0.019393777$$

Figura N°3.35

Detalle de caudal de infiltración en terreno de cultivo



Fuente: Elaborado por el investigador

Al analizar los resultados de a, b y c, podemos conocer que existirá encharcamiento o acumulación de agua en esta área de cultivo debido que el caudal infiltrado en el suelo saturado es menor que el caudal proveniente de las precipitaciones, por tanto el caudal de aporte para el sub drenaje = $0.002308122 \text{ m}^3/\text{s} \dots \text{III}$

Caudal de abatimiento (QNF)

$$Q_{nf} = Q_{pp} - Q_{inf} \dots \text{III}$$

Para el presente estudio este caudal se aplica para abatir el caudal en condiciones críticas es decir aplicación de riego + precipitación no sobrepase la subrasante.

Donde:

K: es el coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente.

i: es el gradiente hidráulico

Aa: es el área efectiva en el caso de abatimiento de nivel freático.

Nota: El caudal por abatimiento del nivel freático en la mayoría de los casos se presenta a los dos lados de la sección transversal del subdren, el caudal de diseño (QNF) debe ser duplicado.

$$K = 4.584 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

$$i = \frac{N_d - N_F}{B} = \frac{0.45 \text{ m}}{5.72 \text{ m}} = 0.0787$$

$$A = (N_d - N_f) \times L = 0.45 \text{ m} \times 212.38 \text{ m} = 95.575 \text{ m}^2.$$

Reemplazando los valores en ecuación III se tiene:

$Q_{nf} = 0.000345 \text{ m}^3/\text{s}$, como este caudal se abatirá en ambas márgenes se tendría:

$$Q_{nf} = 2 \times 0.000345 \text{ m}^3/\text{s} = 0.00069 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal total de diseño (Qt)

Reemplazando I, II y III se tiene:

$$Q_t = Q_{inf.1} + Q_{infpp} + Q_{NF}$$

$$Q_t = Q_{inf.1} + Q_{infpp} + Q_{NF}$$

3. Determinación del diámetro de la tubería

Para determinar el diámetro de la tubería usamos la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1.49}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Q: Caudal total drenado en m³/s

A: Área de la sección transversal de la tubería en m²

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

R: Radio hidráulico de la sección transversal de la tubería en metros

S: Pendiente de la línea de energía en m/m

Para el cálculo del diámetro de la tubería se hizo uso del software H canales 3.1, obteniendo un diámetro de 0.20m que satisface la pendiente 0.33% para un n=0.012 para tubería pvc perforada, teniendo en cuenta que la velocidad mínima para tuberías parcialmente llenas es de 0.30m/s, y la velocidad recomendada es 0.45m/s para evitar sedimentación.

Por tanto la tubería seleccionada es de 200mm.

Figura N° 3.36

Diseño de tubería de evacuación

Calculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Andrés Avelino Cáceres** Proyecto: **Diseño de Geodrén**
 Tramo: **Cdra 11 y 12** Revestimiento: **Tubería perforada**

Datos:

Caudal (Q): **0.00535** m³/s
 Diámetro (d): **0.2** m
 Rugosidad (n): **0.012**
 Pendiente (S): **0.0033** m/m

Resultados:

Tirante normal (y): **0.0700** m
 Área hidráulica (A): **0.0098** m²
 Espejo de agua (T): **0.1908** m
 Numero de Froude (F): **0.7716**
 Tipo de flujo: **Subcrítico**
 Ángulo (Zeta): **145.0269** grados sexagesimales

Perímetro mojado (p): **0.2531** m
 Radio hidráulico (R): **0.0387** m
 Velocidad (v): **0.5475** m/s
 Energía específica (E): **0.0052** m-Kg/Kg
 Ángulo (Zeta): **2.5312** radianes

Calculadora Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Realiza la impresión de la pantalla 07:20 p.m. 14/09/2018

4. Evaluación del tipo de geotextil a usar en el Geodrén

Se revisará si el geotextil del geodrén cumple con los criterios de diseño, se ha seleccionado un geotextil no tejido para favorecer la filtración el mismo que debe cumplir con requisitos para un suelo con alto contenido de finos (>50% de suelo que pasa tamiz 200).

Criterio de retención (TAA)

De acuerdo con lo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en los criterios de retención de Christopher y Holtz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:



Donde:

TAA: Tamaño de Abertura Aparente

D85: Tamaño de partículas (en milímetros) que corresponde al 85% del suelo que pasa al ser tamizado. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.

Para suelos finos (más del 50% pasa tamiz #200) que es el caso de nuestro estudio de tesis, B es función del tipo de geotextil.

Para geotextiles no tejidos $B = 1.80 \rightarrow \frac{D_{85}}{B} \leq 1.80$

$$\frac{D_{85}}{1.80} \leq 1.80 \cdot 0.075 = 0.135$$

Según Christopher y Holtz, para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 7, el valor del Tamaño de abertura aparente debe ser:

$$TAA \leq 0.30\text{mm}$$

Para el presente estudio $IP = 20.5$ (según EMS), según la tabla 3.25, propiedades de geodrenes el tamaño de abertura aparente (TAA) para un geotextil NT3000 con tubería de diámetro de 200mm el tamaño de la abertura aparente es de $0.15\text{mm} < 0.30\text{mm}$. ASTM D-4751 **(CUMPLE)**.

Criterio de permeabilidad

Debe permitir un adecuado flujo del agua a través del geotextil considerando su permeabilidad para esto.

Como el suelo del presente estudio es un suelo fino, se debe cumplir:

$$k_v \geq 10^{-4}$$

$k_v = 0.0036$, obtenido de tabla 3.24, Norma ASTM D-4491 permeabilidad del geotextil

$k = 4.584 \cdot 10^{-4}$, es la permeabilidad del suelo.

Por tanto



 $=$


⁻

..... CUMPLE

Criterio de colmatación

De acuerdo con el criterio de Chistopher y Holtz, 1985; R. Koemer, 1990, los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad: > 50% razón por la cual no se deben usar geotextiles tejidos en sistemas de subdrenaje.

La porosidad de los geotextiles No Tejidos punzonados por agujas son superiores al 80%.

Criterio de supervivencia

En la tabla N°3.24 se presentan las propiedades mínimas que se deben cumplir los geotextiles. D. M. Luettich, J. P. Giroud, R.C. Bachus 1992.

Tabla N°3.24

Propiedades mínimas que deben cumplir los geotextiles.

	Resistencia a la tensión, método Grab, ASTM D4632 N	Elongación % ASTM D4632	Resistencia de la costura, ASTM D4632 N	Resistencia al punzonamiento, ASTM D4833 N	Resistencia al estallido, Mullen Burst ASTM D3786 kPa	Resistencia al rasgado trapezoidal, ASTM D4533 N
Condiciones moderadas de instalación, con esfuerzos altos de contacto.	700	N/A	630	250	1300	250

Fuente: (GEOSOFIT PAVCO , 2012)

Criterio de durabilidad

Este criterio se basa en la resistencia que debe tener un geotextil en el tiempo, bien sea por ataque químico, biológico o por intemperismo.

Los geotextiles por ser un material fabricado de polipropileno, no son biodegradables, son alta mente resistentes al ataque químico como por ejemplo en el manejo de lixiviados.

5. Cálculo hidráulico para selección de geodrén

Cálculo de la permitividad admisible Ψ_a

$$\Psi = K/t$$

$$\Psi_{req.} = Q / (\Delta h * H * L).$$

Donde:

$\Psi_{req.}$: es la permitividad requerida del geotextil, k/t

Q: Caudal a evacuar calculado

Δh : Cabeza hidráulica, que es igual a la altura del Geodrén.

A: Área conformada por la cara perpendicular a la entrada del caudal.

H: altura del geodrén.

L: Longitud del tramo de drenaje en consideración.

$$\Psi = (5.36 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}) / (0.50 \text{ m} \times 5.00 \text{ m} \times 12.38 \text{ m})$$

$$\Psi = 8.6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Una vez calculada la permitividad requerida, se toma la permitividad suministrada por el fabricante (Ψ_{fab}), como la permitividad última para el diseño, puesto que esta debe ser mayor que la requerida.

$\Psi_{\text{adm}} = \Psi_{\text{ult}} / \text{FRCSB} \cdot \text{FRCR} \cdot \text{FRIN} \cdot \text{FRCC} \cdot \text{FRBC}$, de acuerdo a la norma ASTM D-4491 ver tabla 3.25.

Cálculo de la permitividad admisible Ψ_{adm}

$$\Psi_{\text{adm}} = \frac{\Psi_{\text{ult}}}{\text{FRCSB} \cdot \text{FRCR} \cdot \text{FRIN} \cdot \text{FRCC} \cdot \text{FRBC}}$$

Donde:

Ψ_{adm} : Permitividad admisible

Ψ_{ult} : Permitividad última entregada por el fabricante

FRCSB: Factor de reducción por colmatación y taponamiento.

FRCR: Factor de reducción por creep o fluencia.

FRIN: Factor de reducción por intrusión.

FRCC: Factor de reducción por colmatación química

FRBC: Factor de reducción por colmatación biológica

De Tabla 3.26, adoptamos valores promedio a los recomendados:

$$\text{FRCSB} = 6.0$$

$$\text{FRCR} = 1.25$$

$$\text{FRIN} = 1.10$$

$$\text{FRCC} = 1.35$$

$$\text{FRBC} = 3.00$$

Por tanto:

$$\Psi_{\text{adm}} = \Psi_{\text{ult}} / \text{FRCSB} \cdot \text{FRCR} \cdot \text{FRIN} \cdot \text{FRCC} \cdot \text{FRBC}$$

Finalmente comparamos la permitividad admisible con la requerida para calcular el factor de seguridad global, el cual debe ser mayor a 1.

$$k_{ad} = \frac{\psi_{adm}}{\psi_{req}}$$

$$k_{ad} = \frac{0.0539^{-1}}{0.0001^{-1}}$$

$$k_{ad} \gg 1$$

Por tanto el **geotextil No Tejido es apto** como medio "filtrante" en el sistema.

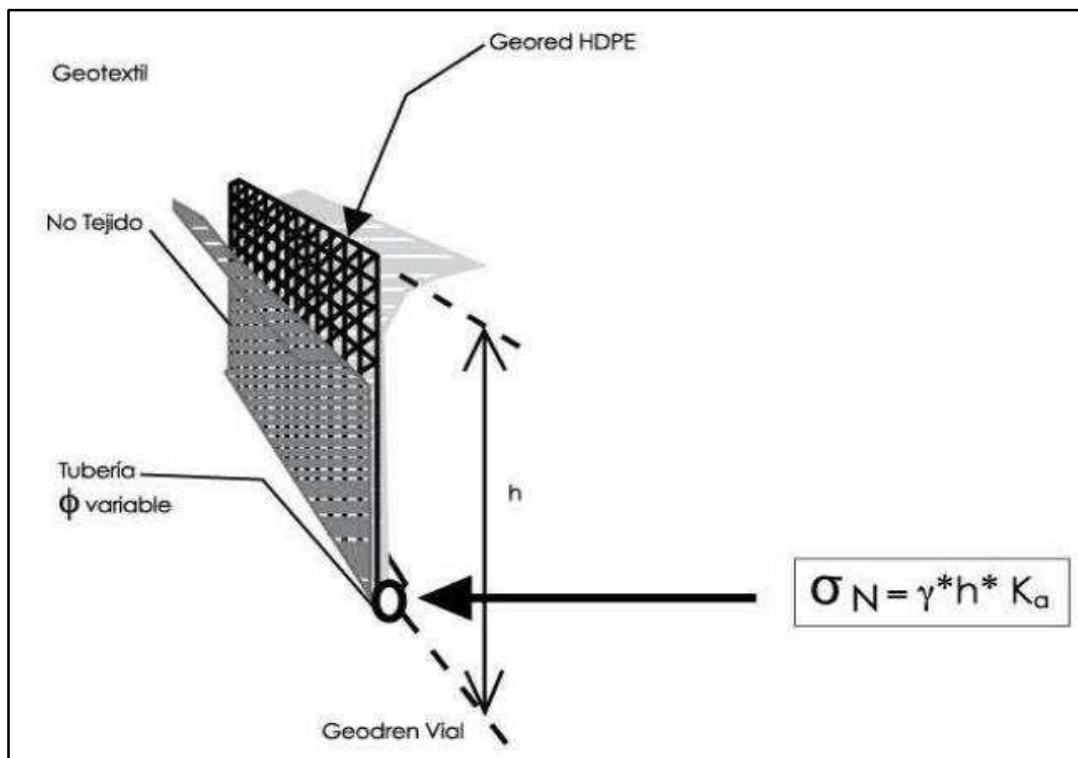
Con base en lo anterior y comparando las especificaciones de los geotextiles, los que se pueden utilizar son: NT3000, NT4000, NT5000, NT6000 y NT7000. Se **selecciona geotextil NT3000** que para un diámetro de tubería de 200mm recomienda **un espesor de 2mm**, por ser la opción técnica económicamente más conveniente.

Evaluación de la conducción del agua en el plano del Geodrén

Se calcula el esfuerzo normal actuante con base al peso específico del suelo y a la profundidad más crítica donde se encuentra el Geodrén, debido a que el Geodrén se ubicara de forma vertical se calcula el esfuerzo normal, teniendo en cuenta el coeficiente lateral de presión de tierras:

Figura N°3.37

Esfuerzo normal aplicado aun geodrén



Fuente: (GEOSOFIT PAVCO , 2012)

El esfuerzo normal, se determina de la siguiente manera:

$$\sigma_n = \gamma * h * K_a$$

σ_n = Esfuerzo normal máximo en Kpa

γ = Peso específico del suelo donde se va a instalar el geocompuesto en KN /m3.

K_a = coeficiente lateral de presiones.

$K_a = 0.44 + 0.42 \left(\frac{1}{100} \right)$, ecuación propuesta por Mas Sarsch (1,979).

$$K_a = 0.44 + 0.42 \cdot 0.203 = 0.525.$$

El peso específico del suelo donde se instalará el geodrén en KN/m³ es;

$$\gamma = \frac{2.074 \text{ gr}}{\text{cm}^3} \cdot 10 = 20.74 \text{ KN/m}^3$$

Por tanto:

$$\sigma_n = 20.74 \text{ KN/m}^3 \times 0.50 \text{ m} \times 0.525$$

$$\sigma_n = 5.44 \text{ KN/m}^2$$

El valor del gradiente hidráulico sería igual o aproximado a 1.0, debido a la posición vertical del Geodrén.

Con estos dos valores, se determina la tasa de flujo última para el Geodrén vial (12.000), según la Figura N°11 (Anexo 01), se toma el esfuerzo normal mínimo de la gráfica, debido a que el Geodrén está a una profundidad menor de 1.0 m de profundidad.

$$q_{ult} = 12.000 \cdot 0.5 \cdot 1.0 = 6.000$$

Con este valor calculamos la tasa de flujo admisible (12.000), teniendo en cuenta los valores de reducción en sistemas de subdrenaje en vías Tabla N°3.27.

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0}$$

$$FR_{CR} = 1.50$$

$$FR_{IN} = 1.75$$

$$FR_{CC} = 3.05$$

$$FR_{BC} = 1.1$$

$$q_{req} = \frac{Q_{total}}{L} = \frac{212.38 \text{ m}^3/\text{s}}{212.38 \text{ m}} = 1.00 \text{ m}^2/\text{s}$$

El valor de la tasa de flujo requerida se determina dividiendo el caudal total de diseño sobre la longitud del Geodrén entre descarga y descarga

$$q_{req} = \frac{Q}{L} = \frac{0.005363 \text{ m}^3/\text{s}}{212.38 \text{ m}} = 2.525 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$q_{ad} = \frac{Q_{ad}}{L} = \frac{5.56 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{2.525 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 2.20 \text{ m}^2/\text{s}$$

Finalmente se compara la tasa de flujo admisible con la requerida para determinar el factor de seguridad global:

$$FS = \frac{q_{ad}}{q_{req}} = \frac{5.56 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{2.525 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 2.20$$

$$FS = 2.20 > 1.0$$

Por lo tanto el **Geodrén vial es adecuado** para el sistema de subdrenaje en el tramo de la vía en consideración, de acuerdo a la tabla 3.25 para un geotextil NT3000 con tubería de 20mm, se utilizará una geored HDP con

densidad de polímero 0.94g/cm², ASTM D-1505, con una resistencia a la compresión de 1250Kpa ASTM-1621 y espesor de 6.5mm ASTM D1621.

Diseño de la caja receptora

La caja receptora se diseñará para un caudal $Q_t=0.00563 \text{ m}^3/\text{s}$, considerando una sección cuadrada y una altura de colchón $h= 0.70\text{m}$, considerando un tiempo de 5 minutos, este colchón servirá para decepcionar el caudal de drenaje así mismo como poza para decantar los sólidos.

$$Q_t = Q = 0.00563 \text{ m}^3/\text{s} / 5 \times 60$$

$$Q_t = 2.03 \text{ m}^3$$

Sección de la caja:

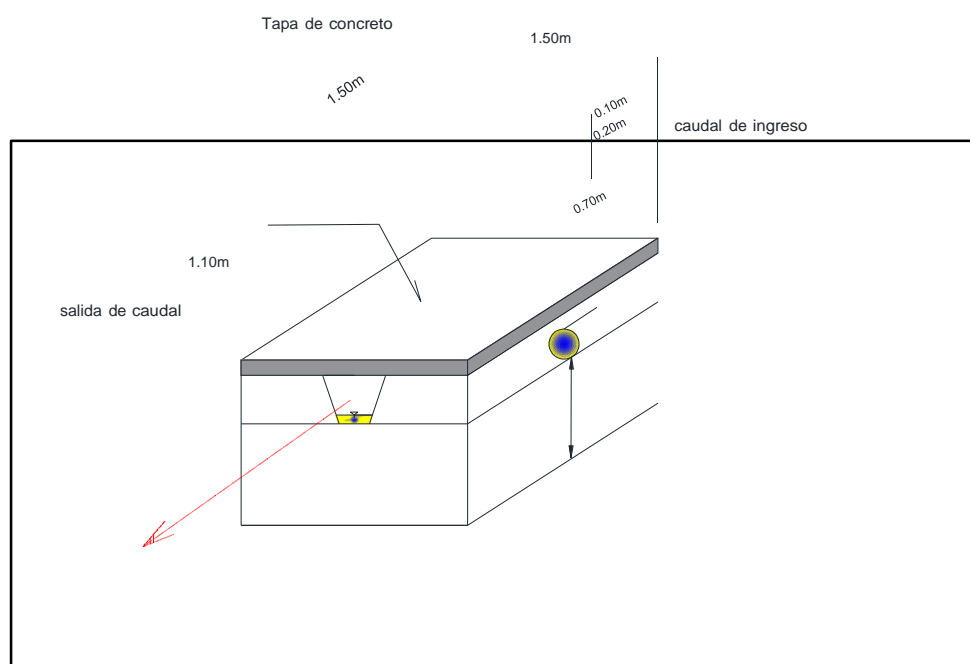
$$2.03 \text{ m}^3 = Y^2 h = Y^2 0.70$$

Y : es un lado de la caja

$$Y = 1.50 \text{ m}$$

Así mismo la sección para la salida del caudal se utilizará una sección trapezoidal que de acuerdo con una base de 0.20m $Z=2$, $Y=0.06\text{m}$, $h=0.30\text{m}$.

Figura N°3.38 Dimensiones de la caja receptora



Fuente: Elaborado por el investigador

VERIFICACIÓN DE DISEÑO GEODRÉN USANDO SOFTWARE GEOSOT PAVCO V3.0

Geosoft Pavco v3.0

SISTEMAS DE SUBDRENAJE EN VÍAS

Geosoft PAVCO

CAUDAL POR INFILTRACIÓN

Precipitación máxima horaria de frecuencia anual I_p = 84,91 mm/h

Ancho de la semibanca de la vía B = 5,72 m

Longitud del tramo de Drenaje L = 212,38 m

Factor de infiltración F_i = 0,67
 Carpetas de concreto de cemento portland | 0.67

Factor de Retención de la base F_r = 0,25
 Bases bien gradadas, en servicio 5 años o mas | 1/4

Caudal por infiltración = 4,799E-3 m³/s **Calcular**

CAUDAL POR ABATIMIENTO DE NIVEL FREÁTICO

☒ Estimar aporte por abatimiento ☐ No estimar aporte por abatimiento

Permeabilidad del suelo K = 4,584E-7 m/s

Cota inferior del subdrén N_b = 18,06 m

Cota superior del nivel freático N_f = 14,0 m

Ancho de la semibanca de la vía B = 5,72 m

Longitud del tramo de drenaje L = 212,38 m


Caudal por abatimiento de nivel freático = 5,611E-4 m³/s **Calcular**

CAUDAL DE DISEÑO

$Q_{total} = 4,799E-3 + 5,611E-4 = 5,35E-3$ m³/s **Calcular**

Geosoft Pavco v3.0

SISTEMAS DE SUBDRENAJE EN VÍAS



GEODRÉN VIAL

Altura (m)

Diámetro (mm)

Pendiente de la tubería (%)

FACTORES DE REDUCCIÓN GEODRÉN VIAL

$FR_{CR} = 1.5$ $FR_{CC} = 3.05$

$FR_{IN} = 1.75$ $FR_{BC} = 1.1$

TIPO DE SUELO EN CONTACTO CON EL SUBDREN

☐ Arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (menos de 50% pasa tamiz #200)

☐ Suelos Arenosos mal graduados

☒ Suelos Finos (mas de 50% pasa tamiz #200)

FACTORES DE REDUCCIÓN GEOTEXTIL

$FR_{SCB} = 6.0$

$FR_{CR} = 1.25$

$FR_{IN} = 1.1$

$FR_{CC} = 1.35$

$FR_{BC} = 3.0$

◀ ? ▶

Geosoft Pavco v3.0

SISTEMAS DE SUBDRENAJE EN VÍAS



CRITERIO DE RETENCIÓN

☐ Por Curva Granulométrica ☒ Usar criterio recomendado ☐ Definir criterio propio

Parametros de la Curva Granulométrica TAA < 0.3 mm TAA <

D_{85} [mm]

CRITERIO DE PERMEABILIDAD

Permeabilidad del suelo en contacto con el subdrén k(cm/s)

MATERIAL DRENANTE

Angulo de Fricción Interna $\phi(^{\circ})$ grad

Peso Especifico γ_T Ton/m³

◀ ? ▶

Geosoft Pavco v3.0

SISTEMAS DE SUBDRENAJE EN VÍAS

CAPACIDAD HIDRÁULICA TUBERÍA DE DRENAJE

Caudal que es capaz de transportar la tubería (m^3/s)

Observación:

CRITERIO DE RETENCIÓN (TAA)

TAA <

Observación:

CRITERIO DE PERMEABILIDAD

$k_g > k_s$

Observación:

EVALUACIÓN SEGUN LA PERMITIVIDAD DEL SISTEMA

$FS_G = \frac{\text{[Valor]}}{\text{[Valor]}} > 3.0$

Observación:

CONDUCCIÓN DEL AGUA EN EL PLANO DEL GEODRÉN

$FS_G = \frac{\text{[Valor]}}{\text{[Valor]}} = 2,27$

Observación:

◀ ? ▶

Geosoft Pavco v3.0

SISTEMAS DE SUBDRENAJE EN VÍAS

Material Drenante

Geodrén Vial

Altura (m)

Tubería de Drenaje (mm)

0.3 m

◀ GENERAR REPORTE ▶

Tabla 3.25
Propiedades de Geodrenes con tubería

	PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	GEODREN CON TUBERIA 65mm	GEODREN CON TUBERIA 100 mm	GEODREN CON TUBERIA 150 mm	GEODREN CON TUBERIA 200
GEOTEXTIL NO TEJIDO 3000	Metodo Grab Resistencia a la tension	ASTM D-4632	N (lb) %	780 (176)	780 (176)	780 (176)	780 (176)
	Elongación			>50	>50	>50	>50
	Resistencia al punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	430 (97)	430 (97)	430 (97)	430 (97)
	Resistencia al Rasgado trapezoidal	ASTM D-4533	N (lb)	350 (79)	350 (79)	350 (79)	350 (79)
	Metodo Bullen Burst resistencia al estallido	ASTM D-3786	kPa (psi)	2208 (320)	2208 (320)	2208 (320)	2208 (320)
	Tamaño de abertura aparente	ASTM D-4751	mm (No. Tamiz)	0.150 (100)	0.150 (100)	0.150 (100)	0.150 (100)
	Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	36×10^{-2}	36×10^{-2}	36×10^{-2}	36×10^{-2}
	Permitividad	ASTM D-4491	s ⁻¹	1,8	1,8	1,8	1,8
	Espesor	ASTM D-5199	mm	2	2	2	2
	Tasa de flujo	ASTM D-4491	l/min/ m ²	5271	5271	5271	5271
	Porosidad	Calculada	%	>80	>80	>80	>80
GEO RED	Densidad del polímero (HDPE)	ASTM D-1505	g/cm ²	0,94	0,94	0,94	0,94
	Resistencia a la compresión	ASTM D-1621	kPa (psi)	1250 (181)	1250 (181)	1250 (181)	1250 (181)
GEODRÉN PLANAR	Transmisividad						
	i= 0.1 Presion 10 kPa	ASTM D-4716	m ³ /s/m	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}
	i= 0.1 Presion 100 kpa			1.9×10^{-4}	1.9×10^{-4}	1.9×10^{-4}	1.9×10^{-4}
	i= 1.0 Presion 100 kpa	ASTM D-4716	m ³ /s/m	2.1×10^{-4}	2.1×10^{-4}	2.1×10^{-4}	2.1×10^{-4}
	i= 1.0 Presion 100 kpa			1.3×10^{-4}	1.3×10^{-4}	1.3×10^{-4}	1.3×10^{-4}
	Resistencia a la Delaminación	ASTM D-413	lbf/pulg	1,4	1,4	1,4	1,4
	Espesor	ASTM D-5199	mm	6,5	6,5	6,5	6,5
TUBERÍA DE DRENAJE	Capacidad de flujo a 0.5% de pendiente	ASTM D-4716	m ³ /s	0.70×10^{-3}	2.70×10^{-3}	10×10^{-3}	18×10^{-3}
	Capacidad de flujo a 1% de pendiente	ASTM D-4716	m ³ /s	0.90×10^{-3}	4.00×10^{-3}	14×10^{-3}	27×10^{-3}

Fuente: manual de diseño de Pavco 2006

Tabla 3.26

Factores de reducción para geotextiles en aplicación a drenajes

Área	Colmatación	Reducción de vacíos por Creep	Intrusión en los vacíos	Colmatación Química	Colmatación Biológica
	FR _{SCB}	FR _{CR}	FR _{IN}	FR _{CC}	FR _{BC}
Filtros en el espaldón de muros de contención	2.0 a 4.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	1.0 a 1.3
Sistema de subdrenaje	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0
Filtros de control de erosión	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	2.0 a 4.0
Filtros en rellenos sanitarios	2.0 a 10.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 5.0
Drenaje por gravedad	2.0 a 4.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	1.2 a 1.5
Drenaje por presión	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3	1.1 a 1.3

Fuente: (GEOSOF PAVCO , 2012), página 103, a la vez fue tomado del libro “Desing With Geosynthetics”, 5ED, .2005.

Tabla 3.27

Factores de reducción para geocompuestos en aplicación a drenajes

Área	Reducción de vacíos por Creep	Intrusión en los vacíos	Colmatación Química	Colmatación Biológica
	FR _{CR}	FR _{IN}	FR _{CC}	FR _{BC}
Campos deportivos	1.0 a 1.2	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Roturas capilares	1.1 a 1.3	1.0 a 1.2	1.1 a 1.5	1.1 a 1.3
Muros de contención, taludes escarpados	1.3 a 1.5	1.2 a 1.4	1.1 a 1.5	1.0 a 1.5
Colchones de drenaje	1.3 a 1.5	1.2 a 1.4	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2
Drenajes de agua superficial para coronas de relleno	1.3 a 1.5	1.2 a 1.4	1.0 a 1.2	1.5 a 2.0
Colección de lixiviados primarios (rellenos sanitarios)	1.5 a 2.0	1.4 a 2.0	1.5 a 2.0	1.5 a 2.0
Colección de lixiviados secundarios (rellenos sanitarios)	1.5 a 2.0	1.4 a 2.0	1.5 a 2.0	1.5 a 2.0
Subdrenes para vías	1.2 a 1.8	1.5 a 3.0	1.1 a 5.0	1.0 a 1.2

Fuente: (GEOSOF PAVCO , 2012), página 104, a la vez fue tomado del libro “Desing With Geosynthetics”, 5ED, .2005.

Tabla 3.27

Espaciamiento de subdrenes para tipo de suelo

Tipo de suelo	Composición del suelo			Espaciamiento para la profundidad indicada (m)			
	% Arena	% Limo	% Arcilla	1.0	1.2	1.5	1.8
Arena	80-100	0-20	0-20	30-45	45-60	-	-
Limo Arenoso	50-80	0-50	0-20	15-30	30-45	-	-
Limo	30-50	30-50	0-20	10-20	15-25	15-30	18-35
Limo Arcilloso	20-50	20-50	20-30	5-10	7-15	10-20	12-25
Arcilla Arenosa	50-70	0-20	30-50	5-10	6-12	7-15	9-18
Arcilla Limosa	0-20	50-70	30-50	3-8	4-8	6-12	7-15
Arcilla	0-50	0-50	30-100	Máx. 5	Máx. 6	Máx. 7	Máx. 12

Fuente: Manual de carreteras de California para el espaciamento de subdrenes.

ANEXO 03

**INFORMACIÓN DE ESTACIÓN
METEOROLÓGICA, ESTUDIOS
REALIZADOS EN LABORATORIO Y
CAMPO**

INFORMACIÓN DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA LAMBAYEQUE



PERU

**Ministerio del
Ambiente****Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología del Perú - SENAMHI****Dirección Regional de
Lambayeque**

2007-2016 "DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERU"

"AÑO DE LA DIVERSIFICACION PRODUCTIVA Y DEL FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACION"

ESTACION: LAMBAYEQUE

LAT : 6° 43' 53,5"

DPTO: Lambayeque

CATEGORIA: "CP"

LONG: 79° 54' 26"

PROV: Lambayeque

ALT : 38 msnm

DISTR: Lambayeque

INFORMACION PLUVIOMETRICA

Periodo: 1997-1998, 2011-2014

Preparada para: Ferroñan Viera, Juan Jose

García Ramírez, Segundo Jose

Información Mensual: Precipitación Max. 24h - (mm)

AÑOS	MES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1997	0.3	1.4	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	1.2	10.5
1998	8.2	71.3	40.5	4.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2	1.2
2011	2.8	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
2012	0.0	22.1	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.5
2013	0.0	1.4	8.5	0.7	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0
2014	0.0	0.0	0.4	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	1.0	1.8
2015	0.0	0.5	18.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.8
2016	3.6	1.0	0.6	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



RICARDO PAREDÓN DE LA CRUZ
Pasaporte TAF: 71120
Director Regional SENAMHI Lambayeque

Chiclayo, Lunes 16 de Marzo del 2017

Ciencia y Tecnología Hidrometeorológica al Servicio del País

Lima: Jiron Cahui de N° 785 - Lima 11, Castilla Postal 1308 Telf.: (51-1) 614-1414 Fax: 471-7287

Los Pinos N° 290 Urb. Sta. Victoria, Tef. (074)-225589 dr02-lambayeque@senamhi.gob.pe

Pág. Web www.senamhi.gob.pe E-mail: senamhi@senamhi.gob.pe

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

DIRECCION DE REDES DE OBSERVACION Y DATOS

ESTACION: LAMBAYEQUE LAT.: 06° 43' 53.5" OPTO: LAMBAYEQUE
 LONG. 79° 54' 26" PROV: LAMBAYEQUE
 CATEGORIA: " CP" ALT.: 38 msn DIST.: LAMBAYEQUE

INFORMACION PLUVIOMETRICA

PRECIPITACION (mm)
Máxima de 24 Hrs.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	1.7	34.6	60.7	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	5.4	0.3	0.0	0.3
2018	2.4	0.3	1.3	0.8	0.5	0.0	0.0					

INFORMACION PREPARADA PARA ANBAL ADOLFO NIÑO SANTISTEBAN
 CHICLAYO, 03 DE AGOSTO DEL 2018



VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".

SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ

UBICACIÓN : LAMBAYEQUE

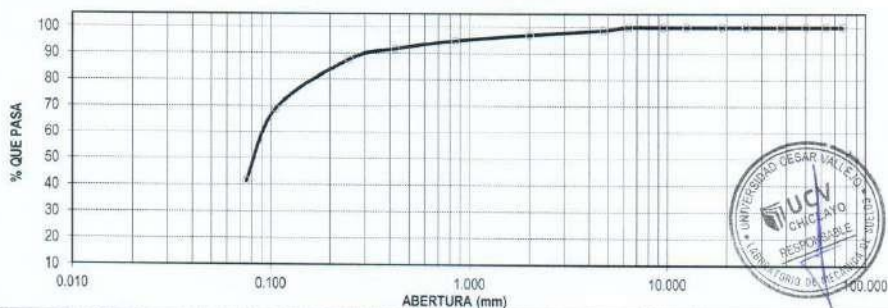
FECHA : AGOSTO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA :	C-1	PROGRESIVA :	-----	PESO INICIAL :	223.50 gr
ESTRATO :	E-02	FECHA :	AGOSTO DEL 2018	PESO LAVADO SECO :	
PROFUNDIDAD :	0.10 - 1.30				

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) : 8.29
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL) : N.P.
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP) : N.P.
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP) : N.P.
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS : SM
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO : A-4 (1)
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.750	2.60	1.16	1.16	98.84	Descripción : ARENA LIMOSA
10	2.000	4.10	1.83	3.00	97.00	
20	0.850	5.10	2.28	5.28	94.72	
40	0.425	6.90	3.09	8.37	91.63	
60	0.250	8.90	3.98	12.35	87.65	
140	0.106	42.10	18.84	31.19	68.81	
200	0.075	61.30	27.43	58.61	41.39	
< 200		92.50	41.39	100.00	0.00	
Total		223.50	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



*** Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
RUE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimental Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb:ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD

D-2216

	C -1	E-02
DESCRIPCIÓN	1	2
Peso de Tarro (gr.)	12.52	12.57
Peso de Tarro + Suelo Humedo (gr.)	87.54	95.74
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	81.74	89.43
Peso de Suelo Seco (gr.)	69.22	76.86
Peso de Agua (gr.)	5.80	6.31
% de Humedad (%)	8.38	8.21
% De Humedad Promedio (%)	8.29	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb:ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".

SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ

UBICACIÓN : LAMBAYEQUE

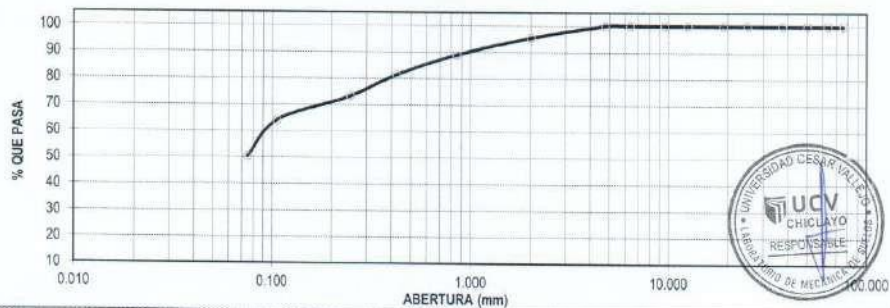
FECHA : AGOSTO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA :	C-1	PROGRESIVA :	-----	PESO INICIAL :	174.70 gr
ESTRATO :	E-03	FECHA :	AGOSTO DEL 2018	PESO LAVADO SECO :	
PROFUNDIDAD :	1.30 - 1.60				

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) : 31.20
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (LL) : 37.94
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Límite Plástico (LP) : 19.67
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Índice Plástico (IP) : 18.3
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS : CL
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO : A-6 (5)
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Descripción :
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
10	2.000	8.00	4.58	4.58	95.42	OBSERVACIONES
20	0.850	11.30	6.47	11.05	88.95	Boloraria > 3"
40	0.425	13.30	7.61	18.66	81.34	Grava 3"-N°4 : 0.00%
80	0.250	14.10	8.07	26.73	73.27	Arena N°4 - N°200 : 49.69%
140	0.106	16.20	9.27	35.00	64.00	Finos < N°200 : 50.31%
200	0.075	23.90	13.68	48.69	51.31	
< 200		87.90	50.31	100.00	0.00	
Total		174.70	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



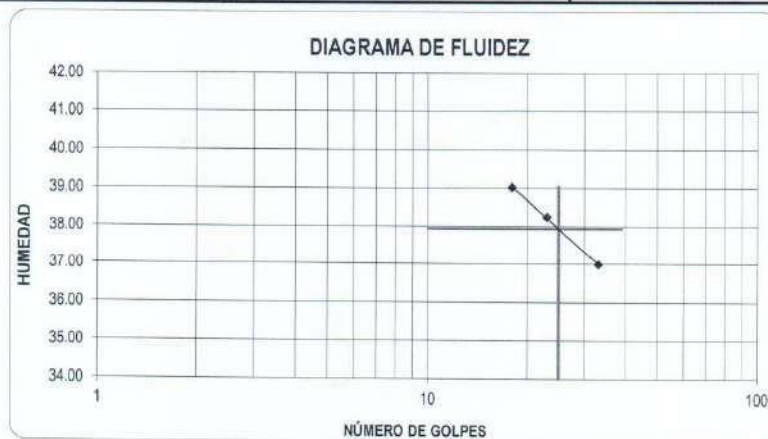
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

CALICATA C-1		ESTRATO : E-03				
LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLASTICO	
Nº de golpes		18	23	33	-	-
Peso tara	(g)	11.10	10.98	10.61	10.83	10.88
Peso tara + suelo húmedo	(g)	23.71	20.81	20.35	11.93	11.91
Peso tara + suelo seco	(g)	20.17	18.09	17.72	11.75	11.74
Humedad %		39.03	38.26	36.99	19.57	19.77
Límites		37.94			19.67	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
PROF. DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y VIBRACIONES

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD

D-2216

DESCRIPCIÓN	C -1	E-03
	1	2
Peso de Tarro (gr.)	11.81	11.87
Peso de Tarro + Suelo Humedo (gr.)	143.67	148.57
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	112.35	115.98
Peso de Suelo Seco (gr.)	100.54	104.31
Peso de Agua (gr.)	31.32	32.59
% de Humedad (%)	31.15	31.24
% De Humedad Promedio (%)	31.20	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

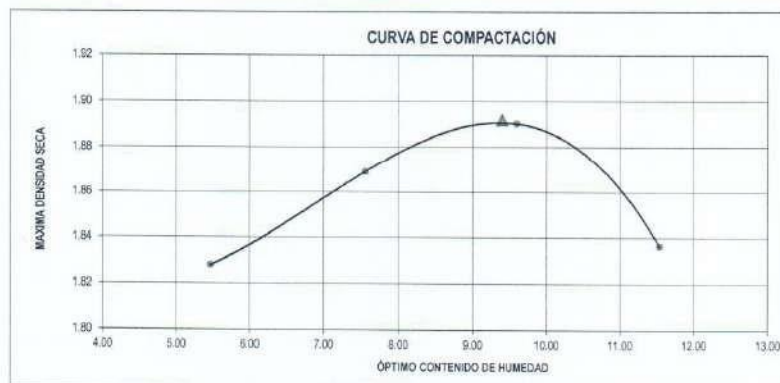
PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018.

CALICATA : C-1

ESTRATO : E-03

Molde N°	S - 123
Peso del Molde gr.	5875
Volumen del Molde cm ³	2119
N° de Cápsulas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	9920.00	10135.00	10265.00	10215.00		
Peso de Molde (gr.)	5875.00	5875.00	5875.00	5875.00		
Peso de suelo húmedo (gr.)	4045.00	4260.00	4390.00	4340.00		
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.93	2.01	2.07	2.05		
CÁPSULA N°	1-01	1-02	1-03	1-04	1-05	1-06
Peso de suelo húmedo + Cápsula (gr.)	98.36	95.63	96.74	95.33		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	93.78	89.62	89.16	86.52		
Peso de Agua (gr.)	4.58	6.01	7.58	8.81		
Peso de Cápsula (gr.)	9.58	10.14	10.17	10.16		
Peso de Suelo Seco (gr.)	83.80	79.48	78.99	76.36		
% de Humedad	5.47	7.56	9.60	11.54		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.83	1.87	1.89	1.84		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.892
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.40



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
"FTE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS"

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION

PROYECTO : TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEORRETES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL PREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE.

SOLICITANTE : ANISAL NIÑO SANTISTEBAN

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DIAZ

UBICACIÓN : LAMBAYEQUE

FECHA : AGOSTO DEL 2018

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11080		12085		11840	
Peso de Molde (gr.)	6995		7990		8015	
Peso del suelo húmedo (gr.)	4085		4105		3825	
Volumen de Molde (cm ³)	2118		2119		2119	
Volumen del Disco Espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.059		1.937		1.800	
CÁPSULA Nº	J-1		J-2		J-3	
Peso de suelo húmedo + Cápsula (gr.)	91.28		90.74		92.14	
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	84.36		83.92		85.17	
Peso de Agua (gr)	6.92		6.82		6.97	
Peso de Cápsula (gr.)	10.14		10.80		10.18	
Peso de Suelo Seco (gr.)	74.22		73.12		75.01	
% de Humedad	9.32		9.33		9.29	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.860		1.772		1.832	

ENSAYO DE EXPANSION

TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
3 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.250	1.250	0.884	1.120	1.120	0.892	0.980	0.980	0.772
48 hrs	1.320	1.320	1.030	1.190	1.190	0.909	1.060	1.060	0.836
72 hrs	1.330	1.330	1.047	1.190	1.190	0.907	1.070	1.070	0.843
96 hrs	1.340	1.340	1.055	1.200	1.200	0.945	1.080	1.080	0.850

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

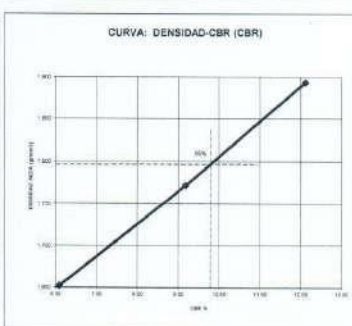
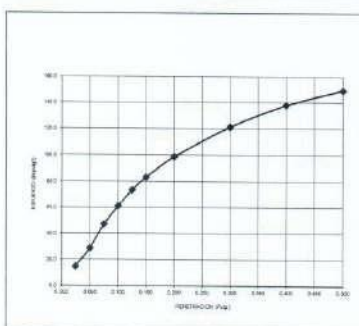
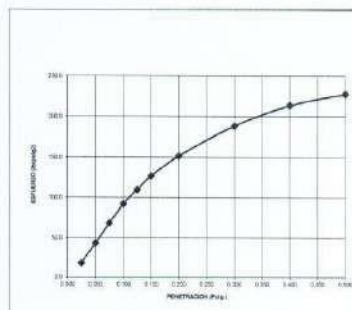
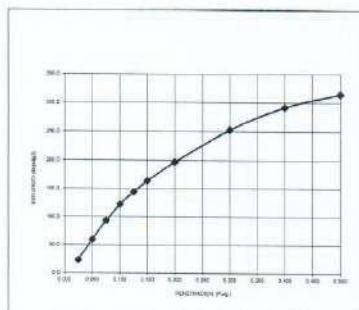
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	56 GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	10 GOLPES
PENETRACION	DIAL	lbs	lbs/inch ²	DIAL	lbs	lbs/inch ²	DIAL	lbs	lbs/inch ²
0.025	5	69.6	32.2	3	52.8	17.6	2	41.4	14.8
0.050	18	178.6	89.5	12	128.3	62.8	7	86.4	26.8
0.075	30	270.1	135.1	21	203.8	101.9	14	140.9	47.0
0.100	40	363.3	181.1	30	275.1	137.7	19	182.8	60.9
0.125	48	435.4	217.5	36	328.7	160.9	23	220.6	73.5
0.150	55	489.3	244.1	42	380.1	190.7	27	256.0	85.1
0.200	67	590.1	295.7	51	455.7	227.5	32	296.1	98.7
0.300	87	755.1	377.8	64	564.0	282.3	40	363.3	121.1
0.400	101	870.1	435.0	73	640.6	320.3	46	413.7	135.9
0.500	109	943.5	471.5	78	682.6	341.3	50	447.3	148.1

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESION PATRON (Lb/pulg ²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
1	0.1	121.1	1000	12.11	1.893
2	0.1	91.7	1000	9.17	1.772
3	0.1	80.6	1000	8.09	1.652

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESION PATRON (Lb/pulg ²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
1	0.2	196.7	1500	13.11	1.893
2	0.2	151.9	1500	10.13	1.772
3	0.2	98.7	1500	6.58	1.652

METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) al 100 %	1.892
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) al 95 %	1.797
ÓPTIMO Contenido de Humedad	9.40%
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	12.11%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	9.75%

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Ana.; 6514

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CACERES, LAMBAYEQUE".

SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ

UBICACIÓN : LAMBAYEQUE

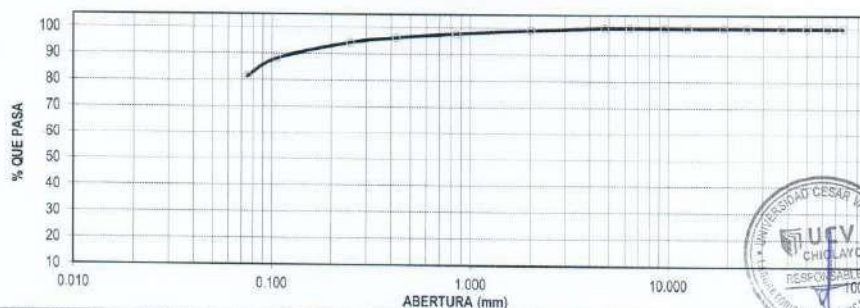
FECHA : AGOSTO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA :	C - 2	PROGRESIVA :	-----	PESO INICIAL :	85.70 gr
ESTRATO :	E-02	FECHA :	AGOSTO DEL 2018	PESO LAVADO SECO :	
PROFUNDIDAD :	0.10 - 1.60				

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	Contenido de Humedad (%) : 21.63 Límite Líquido (LL) : 41.22 Límite Plástico (LP) : 18.52 Índice Plástico (IP) : 22.7 Clasificación SUCS : CL Clasificación AASHTO : A-7-6 (13)
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	Descripción : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
10	2.000	0.80	0.93	0.93	99.07	
20	0.850	1.20	1.40	2.33	97.67	
40	0.425	1.40	1.63	3.97	96.03	OBSERVACIONES Bolonería > 3" : 0.00% Grava 3" - N°4 : 18.67% Arena N°4 - N°200 : 81.33% Finos < N°200 : 81.33%
60	0.250	1.60	1.87	5.83	94.17	
140	0.106	5.20	6.07	11.90	88.10	
200	0.075	5.80	6.77	18.67	81.33	
< 200		69.70	81.33	100.00	0.00	
Total		85.70	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
MTC DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

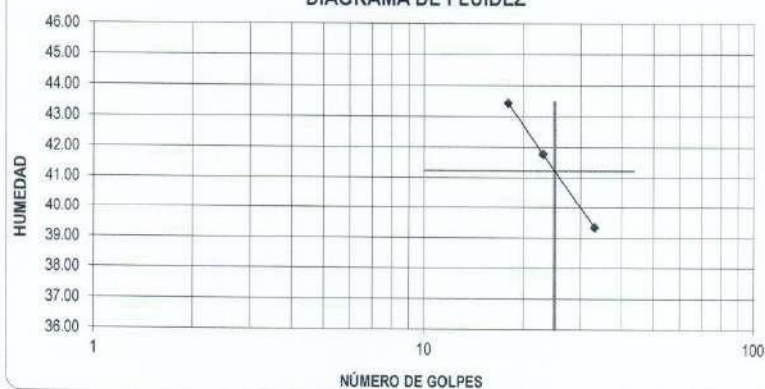
LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

CALICATA C-2 ESTRATO E-02

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Nº de golpes		18	23	33	-	-
Peso tara	(g)	12.31	11.51	11.64	11.23	
Peso tara + suelo húmedo	(g)	25.42	23.42	24.85	11.87	
Peso tara + suelo seco	(g)	21.45	19.91	21.12	11.77	
Humedad %		43.44	41.79	39.35	18.52	
Límites		41.22			18.52	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD

D-2216

	C - 2	E-03
DESCRIPCIÓN	1	2
Peso de Tarro (gr.)	11.24	11.32
Peso de Tarro + Suelo Humedo (gr.)	152.34	150.21
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	127.35	125.41
Peso de Suelo Seco (gr.)	116.11	114.09
Peso de Agua (gr.)	24.99	24.80
% de Humedad (%)	21.52	21.74
% De Humedad Promedio (%)	21.63	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Pimentel Km. 3.5
 Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO A
ASTM D-1557

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA
SOLICITANTE : ANÍBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

CAUCUTA : C-2

ESTRATO : E-03

Molde N°	S - 123
Peso del Molde gr.	5875
Volumen del Molde cm ³	2119
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	9980.00	10250.00	10325.00	10245.00		
Peso de Molde (gr.)	5875.00	5875.00	5875.00	5875.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4005.00	4375.00	4450.00	4370.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.89	2.06	2.10	2.06		
CAPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	118.31	113.12	110.41	108.34		
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	111.42	105.53	101.75	98.11		
Peso de Agua (gr.)	4.89	7.59	8.66	10.23		
Peso de Capsula (gr.)	9.98	10.14	10.17	10.16		
Peso de Suelo Seco (gr.)	101.44	95.39	91.58	87.95		
% de Humedad	4.82	7.96	9.46	11.63		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.80	1.91	1.92	1.85		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.92
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.00



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
"EJE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS"

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION

PROYECTO	TEBIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENE'S EN TRAMO CRITICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE"
SOLICITANTE	ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE	ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN	LAMBAYEQUE
FECHA	AGOSTO DEL 2018

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11140		12680		11810	
Peso de Molde (gr.)	6695		7950		8015	
Peso de suelo húmedo (gr.)	4445		4730		3795	
Volumen de Molde (cm³)	2119		2119		2119	
Volumen del Disco Espaciador (cm³)	1085		1085		1085	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.098		1.944		1.791	
CAPSULA Nº	J-8		J-3		J-8	
Peso de suelo húmedo + Cápsula (gr.)	109.14		115.22		113.10	
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	99.10		105.63		102.80	
Peso de Agua (gr.)	9.98		9.99		10.30	
Peso de Cápsula (gr.)	10.14		10.80		10.16	
Peso de Suelo Seco (gr.)	89.02		94.73		92.64	
% de Humedad	11.21		10.23		11.22	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm³)	1.886		1.764		1.810	

ENSAYO DE EXPANSION

TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.480	1.480	1.168	1.320	1.320	1.039	1.250	1.250	0.894
48 hrs	1.610	1.610	1.288	1.400	1.400	1.142	1.330	1.330	1.047
72 hrs	1.630	1.630	1.283	1.470	1.470	1.157	1.350	1.350	1.063
96 hrs	1.640	1.640	1.291	1.480	1.480	1.168	1.350	1.350	1.071

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	56 GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	10 GOLPES
PENETRACION	DIAL	lbs	lbs/inch²	DIAL	lbs	lbs/inch²	DIAL	lbs	lbs/inch²
0.023	7	88.4	28.8	5	69.6	23.2	3	52.8	12.0
0.050	17	170.2	56.7	11	119.9	40.0	6	78.0	26.0
0.075	30	279.3	93.1	20	195.4	65.1	11	119.9	40.0
0.100	42	380.1	126.7	29	270.9	90.3	18	178.6	59.5
0.125	52	454.1	144.7	37	338.1	111.7	25	227.4	76.1
0.150	60	531.3	177.1	43	388.5	129.5	31	287.7	95.9
0.200	75	657.4	219.1	53	472.5	157.9	40	363.3	121.1
0.300	102	884.6	294.9	70	615.4	205.1	55	489.1	163.1
0.400	124	1060.8	356.6	85	741.5	247.2	67	590.1	196.7
0.500	143	1229.9	410.0	98	810.9	281.6	76	665.8	221.9

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
CIRCUITO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

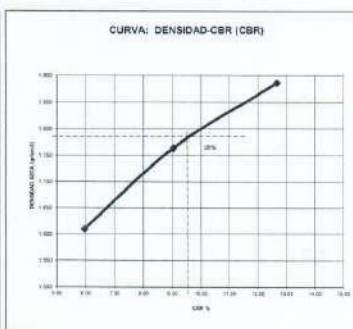
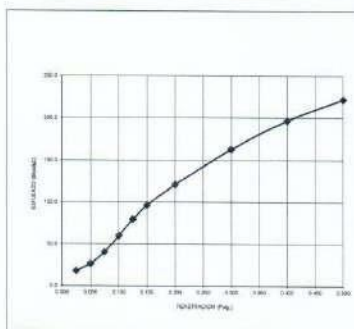
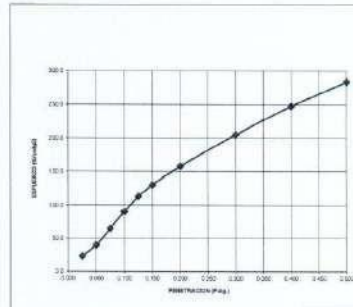
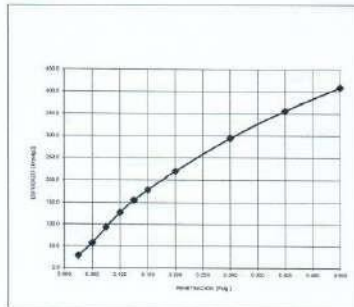


CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



Valores Corregidos:

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg.)	PRESEION APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESEION PATRÓN (Lb/pulg ²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
1	0.1	126.7	1000	12.67	1.886
2	0.1	90.3	1000	9.03	1.784
3	0.1	59.5	1000	5.95	1.610

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg.)	PRESEION APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESEION PATRÓN (Lb/pulg ²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
1	0.2	219.1	1500	14.61	1.886
2	0.2	157.5	1500	10.50	1.784
3	0.2	121.1	1500	8.07	1.610

METODO DE COMPACTACION	:	ASTM D1557
Máxima Densidad Seca (gr./cm ³)	:	1.886
Máxima Densidad Seca (gr./cm ³) al 95 %	:	1.792
ÓPTIMO Contenido de Humedad	:	17.22%
C.B.R. Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	:	12.67%
C.B.R. Al 95% de la Máxima Densidad Seca	:	9.65%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".

SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ

UBICACIÓN : LAMBAYEQUE

FECHA : AGOSTO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

CALICATA :	C-3	PROGRESIVA :	-----	PESO INICIAL :	60.10 gr
ESTRATO :	E-02	FECHA :	AGOSTO DEL 2018	PESO LAVADO SECO :	
PROFUNDIDAD :	0.10 - 1.70				

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
10	2.000	0.10	0.17	0.17	99.83	
20	0.850	0.30	0.50	0.67	99.33	
40	0.425	0.70	1.15	1.83	98.17	
60	0.250	1.10	1.83	3.65	96.35	
140	0.106	7.30	12.15	15.81	84.19	
200	0.075	10.90	18.14	33.94	66.06	
< 200		39.70	66.06	100.00	0.00	
Total		60.10	100.0			

Contenido de Humedad (%) : 22.56

Límite Líquido (LL) : 39.16

Límite Plástico (LP) : 18.64

Índice Plástico (IP) : 20.5

Clasificación SUCS : CL

Clasificación AASHTO : A-5 (10)

Descripción : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD

OBSERVACIONES

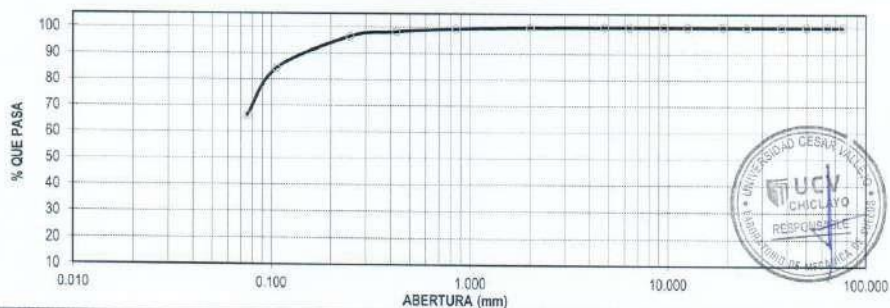
Bolonería > 3" : 0.00%

Grava 3"-Nº4 : 33.94%

Arena Nº4 - Nº200 : 66.06%

Finos < Nº200 : 66.06%

CURVA GRANULOMETRICA



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

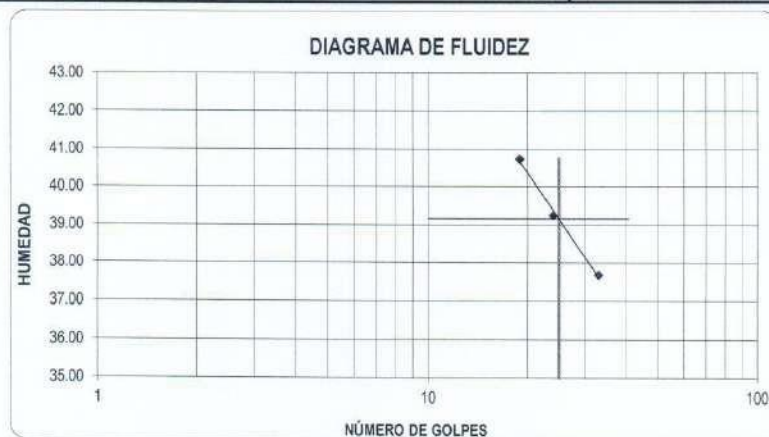
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Victoria de los Angeles Agustín Díaz
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
MTC DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y FUNDACIONES

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

CALICATA C - 3		ESTRATO : E-02			
LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO
Nº de golpes		19	24	33	-
Peso tara	(g)	12.35	11.54	12.32	11.25
Peso tara + suelo húmedo	(g)	25.34	24.56	23.28	11.95
Peso tara + suelo seco	(g)	21.58	20.89	20.28	11.84
Humedad %		40.74	39.25	37.69	18.64
Limites		39.16			18.64



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Pimentel Km. 3.5
 Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD

D-2216

DESCRIPCIÓN	C - 3	E-02
	1	2
Peso de Tarro (gr.)	10.52	11.69
Peso de Tarro + Suelo Humedo (gr.)	128.64	123.54
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	106.78	102.92
Peso de Suelo Seco (gr.)	96.26	91.23
Peso de Agua (gr.)	21.86	20.62
% de Humedad (%)	22.71	22.60
% De Humedad Promedio (%)	22.66	

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
"INTEGRA LA INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y MATERIALES"



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

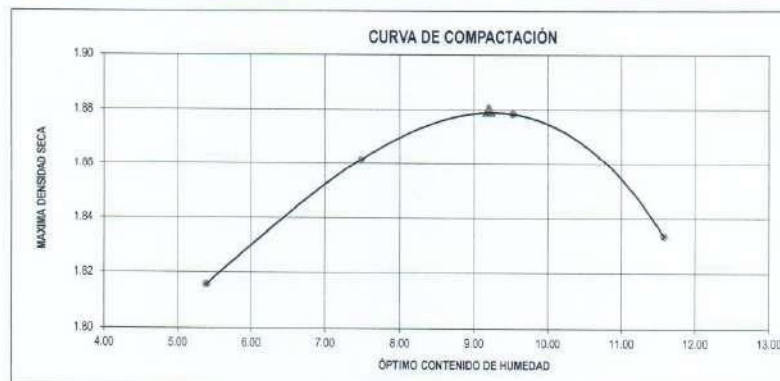
PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

CALICATA : C-3

ESTRATO : E-02

Molde N°	S-123
Peso del Molde gr.	5875
Volumen del Molde cm ³	2115
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	9630.00	10115.00	10235.00	10210.00		
Peso de Molde (gr.)	5875.00	5875.00	5875.00	5875.00		
Peso de suelo húmedo (gr.)	4055.00	4240.00	4360.00	4335.00		
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.91	2.00	2.06	2.05		
CAPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo húmedo + Cápsula (gr.)	101.45	105.62	100.85	99.76		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	96.77	98.97	92.96	90.48		
Peso de Agua (gr.)	4.68	6.65	7.89	9.30		
Peso de Cápsula (gr.)	9.98	10.14	10.17	10.16		
Peso de Suelo Seco (gr.)	86.79	88.83	82.79	80.32		
% de Humedad	5.39	7.49	9.53	11.58		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.82	1.86	1.88	1.83		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.880
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.20



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
TITULO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel-Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION

PROYECTO	:	TESIS "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENE EN TRAMO CRITICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE"
SOLICITANTE	:	ANBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE	:	ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN	:	LAMBAYEQUE
FECHA	:	AGOSTO DEL 2018

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	58		25		10	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11081		12045		11825	
Peso de Molde (gr.)	9695		7960		8015	
Peso de Suelo Húmedo (gr.)	4386		4085		3810	
Volumen de Molde (cm³)	2115		2115		2115	
Volumen del Disco Espaciador (cm³)	1085		1085		1085	
Densidad Humeda (gr/cm³)	2.060		1.929		1.798	
CAPSULA Nº	J-8		J-3		J-8	
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	89.62		92.15		90.22	
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	82.75		85.10		83.14	
Peso de Agua (gr.)	6.87		6.99		6.88	
Peso de Capsula (gr.)	10.14		10.80		10.16	
Peso de Suelo Seco (gr.)	72.61		74.36		72.98	
% de Humedad	9.46		9.40		9.43	
Densidad de Suelo Seco (gr/cm³)	1.862		1.792		1.643	

ENSAYO DE EXPANSION

TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.360	1.360	1.071	1.220	1.220	0.961	0.110	0.110	0.087
48 hrs	1.450	1.450	1.142	1.280	1.280	1.000	1.018	1.018	0.802
72 hrs	1.460	1.460	1.150	1.280	1.280	1.010	1.190	1.190	0.937
96 hrs	1.470	1.470	1.167	1.300	1.300	1.024	1.200	1.200	0.946

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

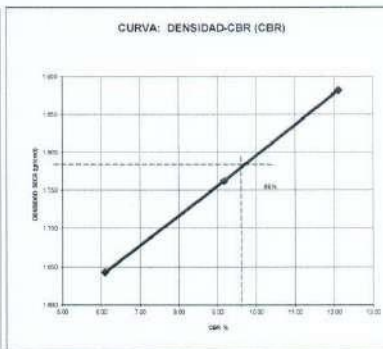
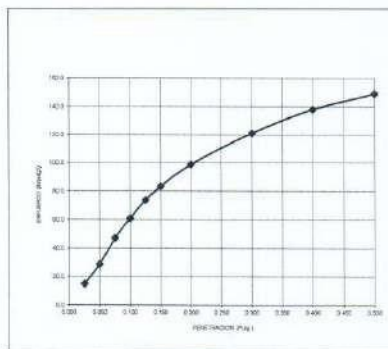
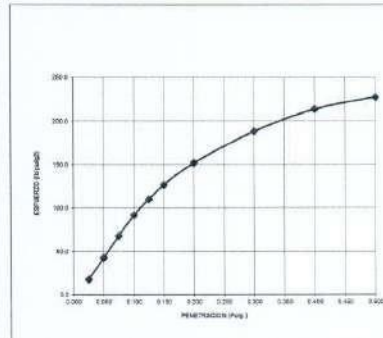
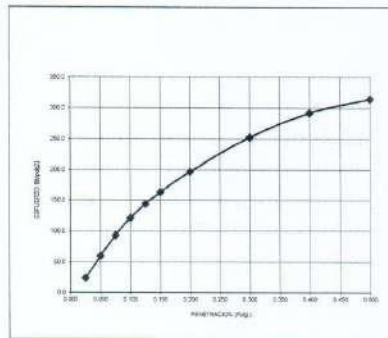
ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	56 GOLPES	LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA	MOLDE 3	12 GOLPES
PENETRACION	DIAL	lbs	lb/in²	DIAL	lbs	lb/in²	DIAL	lbs	lb/in²
0.025	5	99.9	31.2	3	52.8	17.6	2	44.4	14.8
0.050	18	178.9	59.5	12	128.3	42.5	7	86.4	28.8
0.075	30	279.3	91.1	21	201.8	67.9	14	140.9	47.0
0.100	40	363.3	121.1	30	274.1	91.7	19	182.8	60.9
0.125	48	430.5	141.5	36	329.7	109.9	23	220.6	73.5
0.150	55	489.9	160.1	42	380.1	126.7	27	250.0	83.3
0.200	67	590.1	196.7	51	455.7	151.9	32	296.1	98.7
0.300	87	744.1	252.8	64	564.9	189.3	40	361.3	121.1
0.400	101	876.1	292.0	73	640.6	213.3	46	413.7	137.9
0.500	109	941.5	314.5	78	682.6	227.5	50	447.3	149.1

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
CIRCUITO DE LA UNIVERSIDAD DE REVISTA DE CIENCIAS Y MATERIAS

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514



fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lbs/pulg²)	PRESION PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	121.1	1000	12.11	1.882
2	0.1	91.7	1000	9.17	1.762
3	0.1	60.9	1000	6.09	1.643

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lbs/pulg²)	PRESION PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	196.7	1500	13.11	1.882
2	0.2	151.9	1500	10.13	1.762
3	0.2	98.7	1500	6.58	1.643

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) al 100%	1.88
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) al 95%	1.79
ÓPTIMO Contenido de Humedad	9.20%
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	12.11%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	9.70%



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
COORDINADORA DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS

fb/ucv-peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO SALES SOLUBLES N.T.P. 339.152

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

SALES SOLUBLES

N.T.P. 339.152

C-01 0.10 - 1.30 m

DESCRIPCIÓN		
Relación de mezcla suelo - agua destilada		1:3
Número de Beaker		2
Peso de Beaker	(gr.)	103.586
Peso del Beaker + Residuos de sales	(gr.)	103.626
Peso del residuo de sales	(gr.)	0.040
Volumen de solución tomada	(ml)	48.00
Constituyentes de sales solubles en licuota	(p.p.m.)	833.33
Constituyentes de sales solubles en muestra	(p.p.m.)	2500.00
Constituyentes de S.S. en peso seco	(%)	0.250



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
C-01 DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS DE

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO SALES SOLUBLES N.T.P. 339.152

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

SALES SOLUBLES

N.T.P. 339.152

C-02 0.10 - 1.60 m

DESCRIPCIÓN

Relación de mezcla suelo - agua destilada	1:3
Número de Beaker	2
Peso de Beaker (gr.)	104.711
Peso del Beaker + Residuos de sales (gr.)	104.828
Peso del residuo de sales (gr.)	0.117
Volumen de solución tomada (ml)	50.00
Constituyentes de sales solubles en licueta (p.p.m.)	2340.00
Constituyentes de sales solubles en muestra (p.p.m.)	7020.00
Constituyentes de S.S. en peso seco (%)	0.702

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
N.T.P. DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb:ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO SALES SOLUBLES N.T.P. 339.152

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

SALES SOLUBLES

N.T.P. 339.152

C-03 0.10 - 1.70 m

DESCRIPCIÓN	
Relación de mezcla suelo - agua destilada	1:3
Número de Beaker	4
Peso de Beaker (gr.)	104.713
Peso del Beaker + Residuos de sales (gr.)	104.753
Peso del residuo de sales (gr.)	0.040
Volumen de solución tomada (ml)	48.00
Constituyentes de sales solubles en licueta (p.p.m.)	833.33
Constituyentes de sales solubles en muestra (p.p.m.)	2500.00
Constituyentes de S.S. en peso seco (%)	0.250



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELO PARA CANTERA



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

ASTM D-422

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

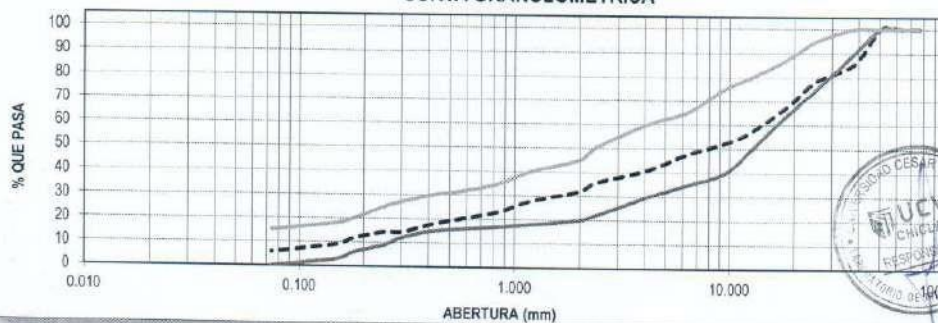
Muestra :
Peso de muestra seca :
Peso perdido por lavado :

M1 CANTERA TRES TOMAS
3672.00

HUMEDAD NATURAL	
Sh + Tara	220.66
Ss + Tara	209.04
Tara	32.78
Peso Agua	11.62
Peso Suelo Seco	176.27
Humedad(%)	6.59

Tamices	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
ASTM						
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 21 L. Plástico : 20 Ind. Plástico : 1 Clas. SUCS : GW - GM Clas. AASHTO : A-1-a (0)
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	524.00	14.27	14.27	85.73	
1"	25.400	263.00	7.16	21.43	78.57	
3/4"	19.050	369.00	10.05	31.48	68.52	
1/2"	12.700	415.000	11.30	42.78	57.22	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	185.000	5.04	47.82	52.18	
1/4"	6.350	163.000	4.44	52.26	47.74	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA DE GRAVA, ARENA Y LIMO
No4	4.75	241.000	6.56	58.82	41.18	
8	2.360	202.000	5.50	64.32	35.68	OBSERVACIONES
10	2.000	132.000	3.59	67.92	32.08	
15	1.180	158.000	4.30	72.22	27.78	MATERIA SUB BASE Y BASE CANTERA TRES TOMAS
20	0.850	163.000	4.44	76.66	23.34	
30	0.600	102.000	2.76	79.44	20.56	
40	0.420	100.000	2.72	82.16	17.84	
50	0.300	126.000	3.43	85.59	14.41	
60	0.250	0.000	0.00	85.59	14.41	
80	0.180	95.000	2.61	88.21	11.79	
100	0.150	95.000	2.59	90.80	9.20	
200	0.075	124.000	3.38	94.17	5.83	
< 200		214.00	5.83	100.00	0.00	
Total		3672.00				

CURVA GRANULOMETRICA



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Nº de golpes		13	20	27	-	-
Peso tara	(g)	12.28	14.03	12.59	11.21	
Peso tara + suelo húmedo	(g)	35.63	39.94	41.19	18.24	
Peso tara + suelo seco	(g)	31.26	35.29	36.21	17.05	
Humedad %		23.02	21.87	21.08	20.38	
Límites		21			20	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

AASTHO - T - 96

PROYECTO : TESIS : "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

Muestra : CANTERA TRES TOMAS

MUESTRA N°	1		
GRADUACIÓN	"A"		
PESO DE MUESTRA	5000		
1 1/2" - 1"	1250		
1" - 3/4"	1250		
3/4" - 1/2"	1250		
1/2" - 3/8"	1250		
3/8" - 1/4"			
1/4" - N° 4			
N° 4 - N° 8			
TOTAL DESGASTE	852		
RET. N° 12			
500 VUELTAS			
RET. N° 12	4148		
% DESGASTE	17.04%		
PROMEDIO			



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO A
ASTM D-1557

PROYECTO : TESIS "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".
SOLICITANTE : ANIBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTÍN DÍAZ
UBICACIÓN : LAMBAYEQUE
FECHA : AGOSTO DEL 2018

Muestra : M1 CANTERA TRES TOMAS

Molde N°	S-123
Peso del Molde gr.	2950
Volumen del Molde cm ³	2115
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	7113.00	7409.00	7663.00	7620.00		
Peso de Molde (gr.)	2950.00	2950.00	2950.00	2950.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4463.00	4759.00	5013.00	4670.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.11	2.25	2.37	2.35		
CÁPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	195.16	192.36	194.08	205.18		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	192.16	185.40	182.90	189.53		
Peso de Agua (gr.)	3.00	6.96	11.18	15.35		
Peso de Cápsula (gr.)	30.02	25.14	19.83	25.21		
Peso de Suelo Seco (gr.)	162.14	160.26	163.27	164.12		
% de Humedad	1.85	4.36	6.85	9.35		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	2.07	2.16	2.22	2.15		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	2.220
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.25



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
E. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION

PROYECTO	:	TESIS "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRITICO PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE"
SOLICITANTE	:	ANBAL NIÑO SANTISTEBAN
RESPONSABLE	:	ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN	:	LAMBAYEQUE
FECHA	:	AGOSTO DEL 2018
Muestra	:	M1 CANTERA TRES TOMAS

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	10336	10422	9997	10084	9843	10083
Peso de Molde (gr.)	5234	5234	4992	4992	5036	5036
Peso de Suelo Húmedo (gr.)	5102	5188	4995	5102	4807	5047
Volumen de Molde (cm³)	2143	2143	2143	2143	2143	2143
Volumen del Disco Espaciador (cm³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.381	2.421	2.326	2.381	2.243	2.355
CAPSULA Nº	J-6		J-9		J-20	
Peso de Suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	254.02	255.45	260.40	263.05	241.65	274.65
Peso de Suelo Seco + Cápsula (gr.)	239.48	247.54	243.52	241.65	229.53	247.19
Peso de Agua (gr.)	15.54	18.91	16.88	21.39	15.22	27.55
Peso de Cápsula (gr.)	24.12	29.58	23.47	21.58	18.96	20.17
Peso de Suelo Seco (gr.)	214.36	220.96	220.05	220.08	207.87	226.93
% de Humedad	7.25	8.56	7.67	9.72	7.33	12.14
Densidad de Suelo Seco (gr/cm³)	2.220	2.230	2.160	2.170	2.090	2.100

ENSAYO DE EXPANSION

TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs									
24 hrs									
48 hrs									
72 hrs									
96 hrs									

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

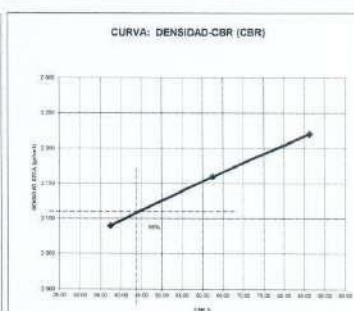
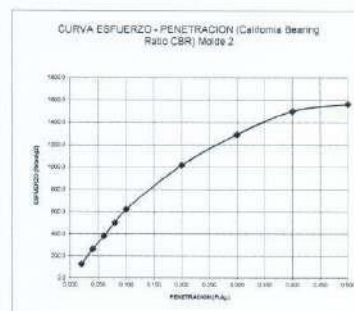
ENSAYO DE CARGA PENETRACION	LECTURA DIAL	MOLDE 1	56 GOLPES	LECTURA DIAL	MOLDE 2	25 GOLPES	LECTURA DIAL	MOLDE 3	12 GOLPES
		lbs.	lbs/pulg2		lbs.	lbs/pulg2		lbs.	lbs/pulg2
0.020	44	519.0	173.0	32	375.0	125.0	19	225.0	75.0
0.040	52	1080.0	360.0	67	730.0	260.0	40	458.0	156.0
0.060	136	1578.0	526.0	98	1143.0	381.0	59	684.0	228.0
0.080	177	2070.0	690.0	128	1500.0	500.0	77	897.0	299.0
0.100	221	2589.0	863.0	160	1875.0	625.0	95	1122.0	374.0
0.200	361	4221.0	1407.0	261	3057.0	1019.0	156	1830.0	610.0
0.300	458	5358.0	1786.0	352	3982.0	1294.0	199	2322.0	774.0
0.400	531	6213.0	2071.0	386	4450.0	1500.0	230	2694.0	898.0
0.500	553	6474.0	2153.0	401	4689.0	1563.0	240	2895.0	935.0



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
E. DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lb/pulg²)	PRESION PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	853.0	1000	86.30	2.220
2	0.1	625.0	1000	62.50	2.160
3	0.1	374.0	1000	37.40	2.090

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lb/pulg²)	PRESION PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	1407.0	1500	93.80	2.220
2	0.2	1019.0	1500	67.93	2.160
3	0.2	610.0	1500	40.67	2.090

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr/cm³)	2.220
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) al 95 %	2.109
ÓPTIMO Contenido de Humedad	7.25%
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	86.30%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CAMPUS CHICLAYO
 Carretera Pimentel Km. 3.5
 Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv_peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Tesis: DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO, PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRES AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE.

Tesis: DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO, PARA CONTROLAR	FECHA Y HORA DE INICIO: 23.07.2018 a las 10.30am	ENSAYO REALIZADO IN SITU
NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRES AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE	FECHA Y HORA DE FIN: 23.07.2018 a las 11:50am	
	CONDICIONES METEOROLÓGICAS:	
	OBSERVACIONES:	
Tecnista: Anibal Adolfo Nino Santisteban		

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC A CARGA VARIABLE (con: $h/d > 4$)

DATOS DEL SONDEO			
Diámetro interior de la entubación o del sondeo (mm): d			76.2
Profundidad del nivel freático (m): F			0.10
Altura de agua sobre el terreno cuando se inicia la recuperación (m): I			0.35
PROFUNDIDAD DEL TRAMO ENSAYADO			
Superior (m): L	0.45	Longitud ensayada (m): h	0.35
Inferior (m): P	0.80		

DATOS DEL ENSAYO			
Tiempo (min.): t	110.0		
Profundidad inicial (m): Hi	0.39		
Profundidad final (m): Hf	0.20		

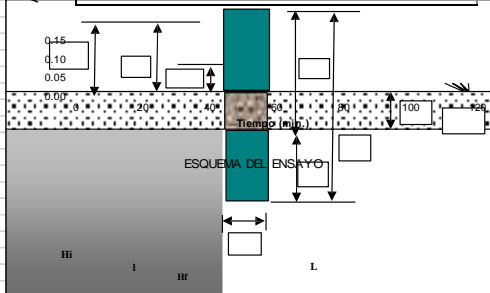
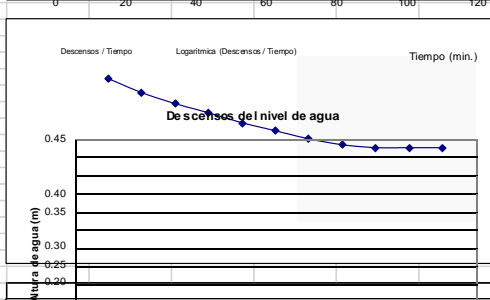
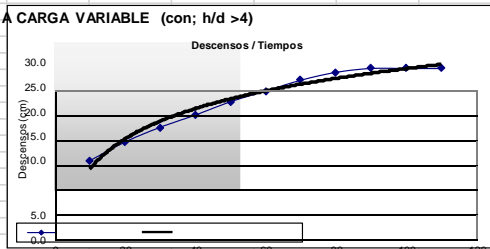
Díámetro interior de la entubación o del sondeo (m):	0.0762		
Intervalo de tiempo (min.)	Descenso acumulado del nivel (cm)	Descenso del nivel (cm)	Altura del nivel (m)
10	6.8	6.8	0.32
20	9.6	9.6	0.29
30	12.8	3.0	0.32
40	16.0	2.6	0.30
50	18.8	2.7	0.27
60	20.2	2.2	0.25
70	22.4	2.2	0.23
80	24.0	1.6	0.21
90	24.8	0.8	0.20
100	24.8	0.0	0.20
110	24.8	0.0	0.20

RESULTADOS			
PERMEABILIDAD LEFRANC	K (m/s) = 4.5642E-07		

	Jiménez Salas (1981)		
Grado de permeabilidad	Cn		

Grado de permeabilidad	Conductividad hidráulica cm/s
Elevada	Superior a 10^{-1}
Media	10^{-1} a 10^{-3}
Baja	10^{-3} a 10^{-5}
Muy baja	10^{-5} a 10^{-7}
Prácticamente impermeable	menor de 10^{-7}

Normativa: ASTM D4631-95(2000)				
Según Casagrande y Fodum	Grava Limpia			
Según Clasif. Unificada	GW, GP, GM, SM, ML, GC, SC			
Grado de Permeabilidad	Elevada, Media, Baja, Muy Baja, Prácticamente Impermeable			

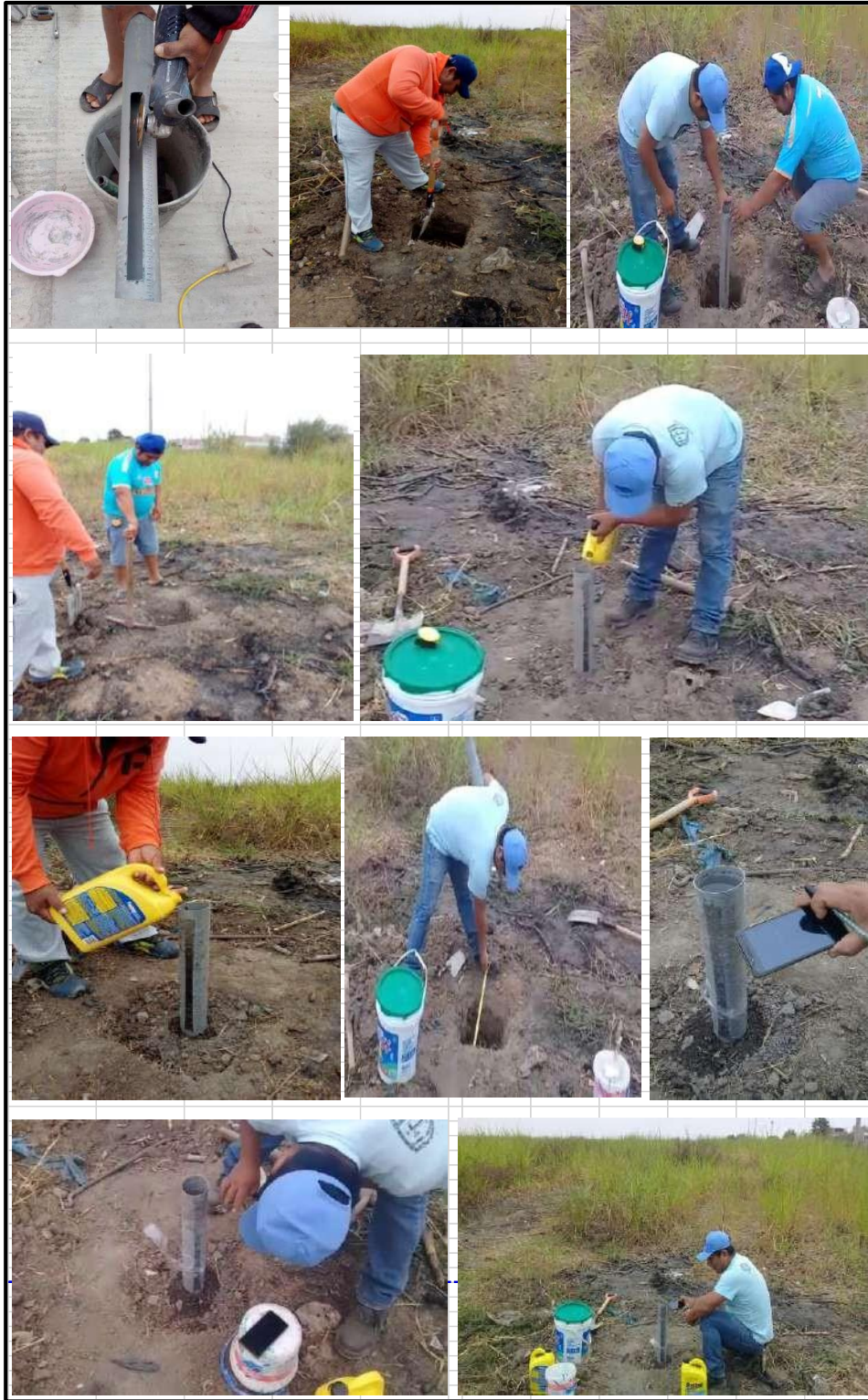


	P		
	h		
	d		

	Según tablas, el suelo es de baja permeabilidad, el suelo es una mezcla de arena limo y arcilla		
--	---	--	--

Según tablas, el suelo es de baja permeabilidad, el suelo es una mezcla de arena limo y arcilla		Coeficiente de permeabilidad k (cm/s)
Grava media a gruesa	$> 10^{-1}$	
Arena gruesa a fina	10^{-1} a 10^{-3}	
Arena fina, arena limosa	10^{-3} a 10^{-5}	
Limo, limo arcilloso, arcilla limosa	10^{-5} a 10^{-6}	
Arcillas	$< 10^{-7}$	



Valores orientativos del coeficiente de permeabilidad k para diferentes suelos. Mecánica de Suelos I - UNH - 2014



CONTEO DE TRÁFICO



FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

AVENIDA		ANDRES AVELINO CACERES				ESTACION		Av. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán			
SENTIDO		E		O		CODIGO DE LA ESTACION		E-1			
UBICACIÓN		DISTRITO DE LAMBAYEQUE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE				DIA Y FECHA		LUNES		2 7 2018	
DIA		1									

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRAMA VEH.																				
00-01	E	2																		
	O	1																		
01-02	E	2		3		1														
	O																			
02-03	E	1																		
	O																			
03-04	E	1		2		1														
	O	1																		
04-05	E	2				1														
	O	2																		
05-06	E	5		3		2				1										
	O	3		2		2				1										
06-07	E	9		3		5				2	1					1				
	O	7		4		4				1										
07-08	E	3		2		5				3	2									
	O	5		7		2				2						1				
08-09	E	11		7		3				3	3					1				
	O	4		5		4				3						1				
09-10	E	3		5		4				2	2									
	O	5		8		4				2										
10-11	E	6		6		5				3										
	O	5		9		3				2										
11-12	E	12		4		2				1										
	O	6		4		4				2						1				
12-13	E	7		4		1				1	2									
	O	2		2		1				1										
13-14	E	6		5		3				4	1					1				
	O	5		6		2				2										
14-15	E	6		8		3				2										
	O	7		6		5				2										
15-16	E	2		3		2				4	2									
	O	6		3		1				2						1				
16-17	E	9		2		4				1	2									
	O	3		8		5														
17-18	E	8		5		3				1	1									
	O	4		3		6					1									
18-19	E	6		5		4				2										
	O	7		4		3				1										
19-20	E	5		2		2				3	1									
	O	6		2		1				2										
20-21	E	8		5		3														
	O	6		2		1														
21-22	E	6		3		1														
	O	3		3		5														
22-23	E	6		2																
	O	4		1		1														
23-24	E	5		0																
	O	6																		
PARCIAL:		229	0	158	0	109	0	0	0	56	18	0	0	0	0	0	7	0	0	0

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

AVENIDA		ANDRES AVELINO CACERES				ESTACION		Av. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán					
SENTIDO				E			O	CODIGO DE LA ESTACION		E-1			
UBICACIÓN		DISTRITO DE LAMBAYEQUE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE				DIA Y FECHA		MARTES		3	7	2018	
DIA		2											




















HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRAMA VEH.																				
00-01	E O			1																
01-02	E O	1		2																
02-03	E O	4 2		1																
03-04	E O	2 3		1		2														
04-05	E O	1 3		2 1		1 1			1	1										
05-06	E O	4 1		1 6		3 1			1	2										
06-07	E O	5 4		1 1		3 4			3 2											
07-08	E O	2 3		4 2		3 2			4 1	1 1					1					
08-09	E O	5 2		3 6		4 5			2	2										
09-10	E O	4 5		4 6		1 2			1 1	1 1										
10-11	E O	4 6		2 4		3 6			2 1						1					
11-12	E O	5 7		5 3		4 2			1											
12-13	E O	4 7		2 3		2			3											
13-14	E O	6 3		8 1		4 5			3	1 1					1					
14-15	E O	5 6		3 6		2 4			2 1											
15-16	E O	6 2		3 7		3 4			2 2	1					1					
16-17	E O	7 5		3 6		2			1 1	1 1										
17-18	E O	7 4		6 2		3 3														
18-19	E O	6 5		7 1		2			4 1											
19-20	E O	6 2		6 3		1 1			2 3	2										
20-21	E O	4 7		3 5		2														
21-22	E O	7 4		1 1		2 3														
22-23	E O	2 3		1 3		1 2														
23-24	E O	2 3		1		1														
PARCIAL:		186	0	138	0	94	0	0	0	45	16	0	0	0	0	4	0	0	0	

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

AVENIDA	ANDRES AVELINO CACERES
SENTIDO	E ← O →
UBICACIÓN	DISTRITO DE LAMBAYEQUE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE

ESTACION	Av. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán
CODIGO DE LA ESTACION	E-1
DIA Y FECHA	MIÉRCOLES 4 7 2018

DIA 3

HORA	SENTI DO		AUTO	CAMIONETAS				BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		MICRO	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
00-01	E	5																			
	O	3																			
01-02	E	2																			
	O	1			1																
02-03	E	1		1																	
	O	1		1																	
03-04	E	3								1											
	O	3		1																	
04-05	E																				
	O	2			1																
05-06	E	3		6		2				1											
	O	5		5		1				1											
06-07	E	5		10		4				4	2					1					
	O	1		5		5				2											
07-08	E	5		9		3				1	1					1					
	O	3		3		3				3											
08-09	E	5		3		4				3	4										
	O	4		4		5				1						1					
09-10	E	6		6		3				2											
	O	5		5		5				1											
10-11	E	2		5		3				4											
	O	6		9		3				3	2					1					
11-12	E	7		3		4				3	1										
	O	6		5		5				3											
12-13	E	5		2		9				5	1					1					
	O	3		2		2				1	1										
13-14	E	6		4						5	1										
	O	7		5						2	1										
14-15	E	5		3		4				4											
	O	7		5		4				4											
15-16	E	3		5		4				5											
	O	2		7		2				3											
16-17	E	9		3		6				4	2										
	O	4		2		12				1											
17-18	E	12		4		3				2	1										
	O	2		2		6				1	1										
18-19	E	8		4		3				3											
	O	2		7		3				3											
19-20	E	6		7		1															
	O	6		3																	
20-21	E	6		4		1				2											
	O	3		2						1											
21-22	E	9		2																	
	O	2		4																	
22-23	E	5		5		1															
	O	7		2																	
23-24	E	3		2																	
	O	2		2																	
PARCIAL:		208	0	169	0	113	0	0	0	79	18	0	0	0	0	5	0	0	0		



















FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

AVENIDA		ANDRES AVELINO CACERES										ESTACION		Av. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán											
SENTIDO		E ←										O →		CODIGO DE LA ESTACION		E-1									
UBICACIÓN		DISTRITO DE LAMBAYEQUE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE										DIA Y FECHA		JUEVES 6 7 2018											
DIA		5																							

HORA	SENTIDO	VEHICULO	CAMIONETAS					BUS		CAMION				SEMI-TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi			>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01	E																				
	O																				
01-02	E			1																	
	O					1															
02-03	E																				
	O																				
03-04	E																				
	O																				
04-05	E			1		1															
	O			1																	
05-06	E			4																	
	O			2																	
06-07	E			4		1			1												
	O			5		1															
07-08	E			6		5			2												
	O			5		3			2												
08-09	E			6		2			1												
	O			6		3			2												
09-10	E			9		2			3												
	O			6		3															
10-11	E			11		1			2												
	O			2					1												
11-12	E			6		5															
	O			6		2															
12-13	E			7		1			1												
	O			4		1			1												
13-14	E			8		4															
	O			7		2															
14-15	E			6		3															
	O			5		2															
15-16	E			6		2			1	1											
	O																				
16-17	E			10		1			2					1							
	O			8		2			4												
17-18	E			7		2			2												
	O			8		3			1												
18-19	E			8		1			2	2											
	O			9					2												
19-20	E			6		2			3	1											
	O			7		1			4	2											
20-21	E			11					3												
	O			6					2												
21-22	E			6		2															
	O			6		1															
22-23	E			5		1															
	O			2																	
23-24	E			3		1															
	O			2																	
PARCIAL:		246	0	166	0	61	0	0	0	67	24	0	0	0	0	2	0	0	0		



















FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

AVENIDA		ANDRES AVELINO CACERES										ESTACION		Av. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán											
SENTIDO		E ←										O →		CODIGO DE LA ESTACION		E-1									
UBICACIÓN		DISTRITO DE LAMBAYEQUE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE										DIA Y FECHA		VIERNES		7		7		2018					
DIA		6																							



















HORA	SENTIDO	AUTOMOVIL	CAMIONETAS				BUS			CAMION				SEMITRAYER				TRAYER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		MICRO	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01	E																				
	O	4				1															
01-02	E	2		1		2															
	O	1																			
02-03	E																				
	O																				
03-04	E			1																	
	O					1															
04-05	E	1																			
	O	1																			
05-06	E	3		1						3											
	O	6		1																	
06-07	E	5		3		1				2	2				1						
	O	6		1						4											
07-08	E	3		4		2				2	1				1						
	O	3		2		3				2											
08-09	E	5		3		3				3	3										
	O	8		6		4				2											
09-10	E	6		5		1															
	O	5		8		1					2										
10-11	E	4		5		3									1						
	O	4		6		3				1											
11-12	E	4		4		2				1	1										
	O	3		4		4				4	1										
12-13	E	8				3				2	1										
	O	7				4				1	1										
13-14	E	3		3		5				3											
	O	6		1		3				1	1				1						
14-15	E	9		4						3	1										
	O	3		4						3											
15-16	E	4		6		2				2	2										
	O	6		8		3				2											
16-17	E	3		4		5		1													
	O	3					1				1										
17-18	E	3				3		2													
	O	4				3		4													
18-19	E	5				7		2													
	O	6				1															
19-20	E	4				3															
	O	5				8															
20-21	E	4				4		1													
	O	2				2		5													
21-22	E	2				4		3													
	O	6				4		4													
22-23	E	6				1		5													
	O	7				6		1													
23-24	E	3				2		1													
	O	4				2		3													
PARCIAL:		187	0	140	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

AVENIDA		ANDRES AVELINO CACERES										ESTACION		Av. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán							
SENTIDO		E ←					O →					CODIGO DE LA ESTACION		E-1							
UBICACIÓN		DISTRITO DE LAMBAYEQUE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE										DIA Y FECHA		SABADO		8		7		2018	
DIA		7																			

HORA	SENTIDO	VEHICULO	CAMIONETAS			BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01	E																			
00-01	O	3		1					0	1										
01-02	E	1				1				1										
01-02	O																			
02-03	E																			
02-03	O																			
03-04	E																			
03-04	O																			
04-05	E	4																		
04-05	O	7																		
05-06	E	2		1																
05-06	O	3																		
06-07	E	3		8		2			1	1										
06-07	O	4																		
07-08	E	9		6		3			3	3										
07-08	O	3		2		5				2										
08-09	E	11		2		6			4	3										
08-09	O	3		3		6														
09-10	E	7		6		5			1	1										
09-10	O	6		9		6			2	1										
10-11	E	6		4		8			3						1					
10-11	O	6		1		4			2											
11-12	E	10		5		2			4	1										
11-12	O	7		5		2			2	1										
12-13	E	9		4		6			4											
12-13	O	4		4		1			3						1					
13-14	E	7		4		5			2											
13-14	O	8		3		4			2											
14-15	E	6		4		6														
14-15	O	6		3		2														
15-16	E	10		8		5			2											
15-16	O			4		6			2											
16-17	E	8		1		9			3	1					1					
16-17	O	6		4					4											
17-18	E	3		5		2			4	2										
17-18	O	1		4		6			1	1										
18-19	E	7		9		11			2	1										
18-19	O	7		3		2			3											
19-20	E	6		4		11			2	3										
19-20	O	1		5		3			2											
20-21	E	4		2		3				0										
20-21	O	4		2		3														
21-22	E	7		5		2			1	1										
21-22	O	5		2		1			2											
22-23	E	4		4		5			2											
22-23	O	2		2		4			2											
23-24	E	1		1		4														
23-24	O	3				4														
PARCIAL:		216	0	140	0	158	0	0	0	69	22	0	0	0	0	3	0	0	0	0

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

AVENIDA		ANDRES AVELINO CACERES										ESTACION		Av. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán							
SENTIDO		E										CODIGO DE LA ESTACION		E-1							
UBICACION		DISTRITO DE LAMBAYEQUE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE →										DIA Y FECHA		9 7 2018							
DIA		8																			
HORA	SENTI	AUTO	STATION	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	212	213	312	>=313	
DIA ORA. VEH.																					
00-01	E																				
	O																				
01-02	E																				
	O																				
02-03	E	1		1																	
	O	1																			
03-04	E										1										
	O																				
04-05	E	2																			
	O																				
05-06	E	4		6						2											
	O	1							2												
06-07	E	8		3					3	2	3						2				
	O	3		6					5	3	1										
07-08	E	5		6					8	3	4						1				
	O	4		7					3	3	2										
08-09	E	9		6					8	4	3										
	O	6		6					7	2	2										
09-10	E	5		7					5	3	4										
	O	6		9					1	7	4										
10-11	E	11		5					8	1	6						1				
	O	4		6					4	4	3						1				
11-12	E	8		7					4	3	3										
	O	2		7					5	4	3										
12-13	E	11		8					6	1	2										
	O	5		5					2	1											
13-14	E	11		6					12	3	2						1				
	O	4		6					6	5	2										
14-15	E	6		8					6	4	2						1				
	O	7		6					5	7	4										
15-16	E	5		8					2	2	5										
	O	7		4					3	3	6										
16-17	E	9		4					7	6											
	O	5		2					1	5							2				
17-18	E	6		4					3	2	1										
	O	5		5					1	2											
18-19	E	8		7					6	4											
	O	1		7					5	6	1										
19-20	E	9		6					2	1	1										
	O	5		5					3	5											
20-21	E	11		3					4	2											
	O	2		5					1	6											
21-22	E	10		3					3	3											
	O	1		8					3	2											
22-23	E	1		3					2	2	1										
	O	8							2	2											
24-00	E	3 224	0	1 196	0	0	0	0	0	146	117	1 67	0	0	0	0	9	0	0	0	
	O	3																			

ANEXO 04

PRESUPUESTO REFERENCIAL

PRESUPUESTO GENERAL

Presupuesto: **DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO, PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA**
0203008 **ANDRES AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE**

Lugar **LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE**

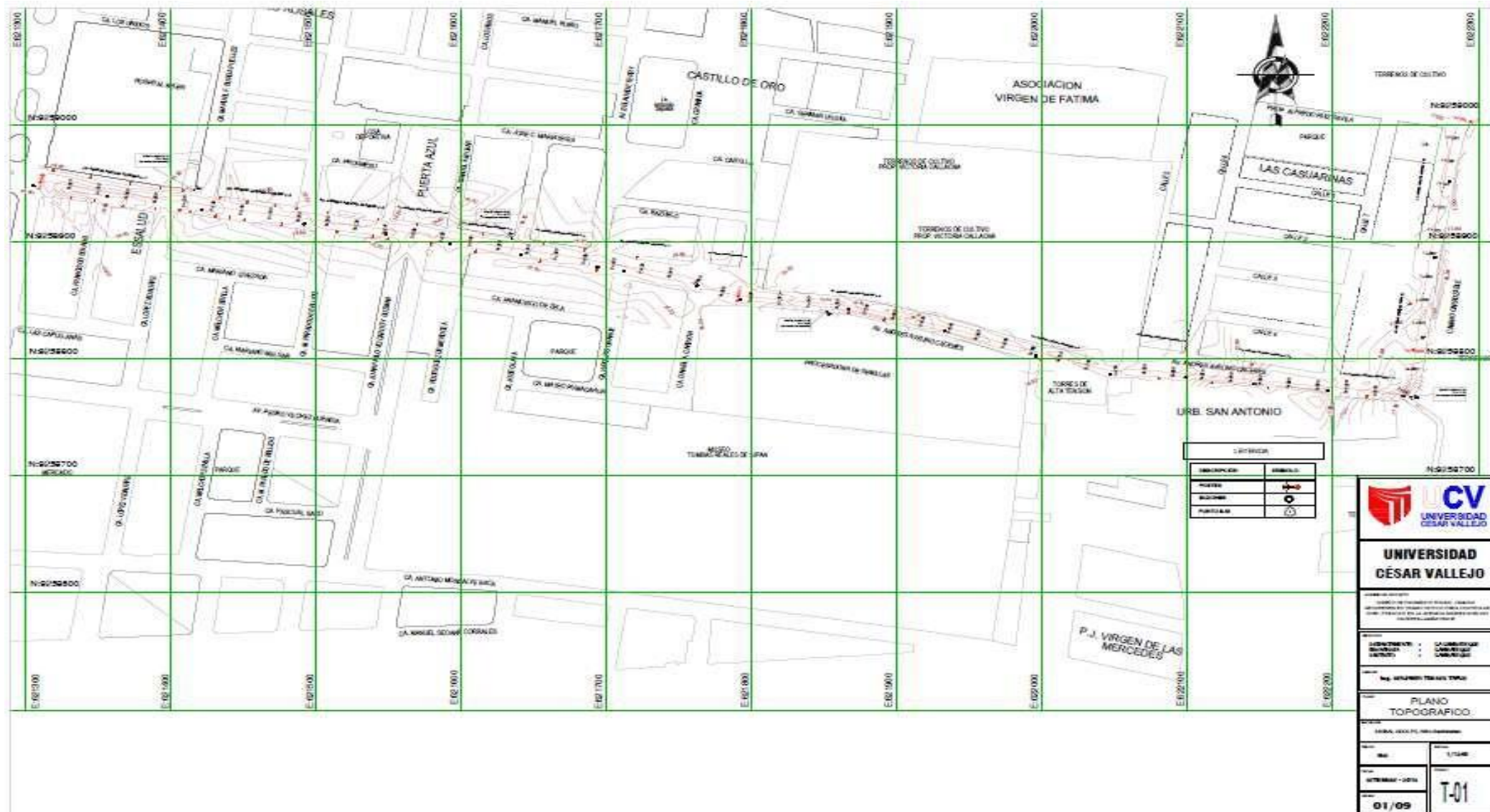
Costo al **30/09/2018**

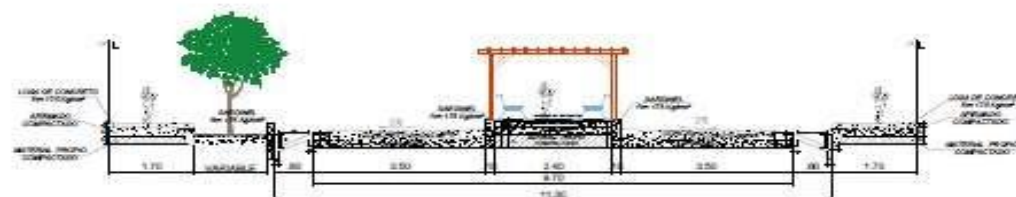
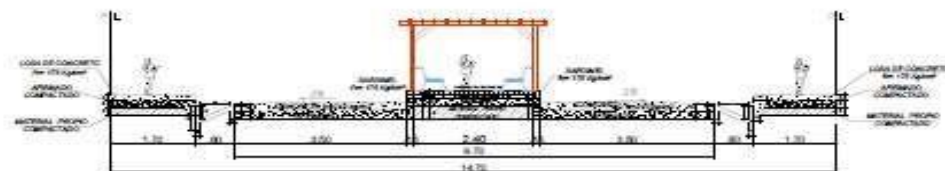
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	PAVIMENTO				2,968,313.21
01.01	OBRAS PROVISIONALES				1,559.63
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 8.50M X 3.60M	und	1.00	1,159.63	1,159.63
01.01.02	CASETA OFICINA Y ALMACEN	glb	1.00	400.00	400.00
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES				176,903.47
01.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO	glb	1.00	31,576.16	31,576.16
01.02.02	MANTENIMIENTO Y DESVIO DE TRANSITO	día	120.00	170.68	20,481.60
01.02.03	ESTACIONAMIENTO PROVISIONAL PARA MAQUINARIA PESADA	glb	1.00	2,000.00	2,000.00
01.02.04	DEMOLICION DE VEREDAS EXISTENTE	m2	1,201.56	30.52	36,671.61
01.02.05	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	19,022.98	2.45	46,606.30
01.02.06	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m2	19,022.98	2.08	39,567.80
01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				119,469.20
01.03.01	CORTE A NIVEL DE SUB RASANTE CON MAQUINARIA	m3	5,159.76	4.70	24,250.87
01.03.02	RELLENO COMPACTADO NIVEL DE SUB RASANTE	m3	1.49	34.73	51.75
01.03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	6,191.71	15.37	95,166.58
01.04	PAVIMENTO RIGIDO				2,411,715.66
01.04.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	19,022.98	4.29	81,608.58
01.04.02	CONFORMACION DE BASE GRANULAR E=0.20 m	m2	19,022.98	17.11	325,483.19
01.04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA PARA PAVIMENTO	m2	2,389.08	30.94	73,918.14
01.04.04	PAVIMENTO DE CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 e=0.20 m	m2	19,022.89	91.65	1,743,447.87
01.04.05	JUNTA DE CONSTRUCCION CON DOWELS	m	5,063.10	26.53	134,324.04
01.04.06	JUNTA LONGITUDINAL E= 1 PULG.	m	976.86	3.39	3,311.56
01.04.07	JUNTA LATERAL E= 1 PULG.	m	9,539.04	3.39	32,337.35
01.04.08	JUNTA TRANSVERSAL E= 1 PULG.	m	5,098.80	3.39	17,284.93
01.05	ADOQUINES DE 20 x 10 x 6 cm				23,115.70
01.05.01	NIVELACION Y COMPACTACION	m2	2,148.30	2.51	5,392.23
01.05.02	RELLENO CON AFIRMADO Y/O MATERIAL GRANULAR	m3	429.66	29.82	12,812.46
01.05.03	RELLENO CON ARENA FINA	m3	214.83	22.86	4,911.01
01.06	SEÑALIZACION				56,074.86
01.06.01	SEÑALIZACIONES VERTICALES	und	48.00	341.53	16,393.44
01.06.02	PINTADO DE PASOS PEATONALES	m2	384.10	26.76	10,278.52
01.06.03	PINTADO LINEAL DE PAVIMENTO	m	1,954.98	15.04	29,402.90
01.07	GIBAS (2 UND)				880.71
01.07.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE GIBAS	m2	0.35	29.85	10.45
01.07.02	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 PARA GIBAS	m3	1.96	444.01	870.26
01.08	VARIOS				178,593.98
01.08.01	IMPREVISTOS REPOSICION DE TUBERIA Y ACC. PVC DE AGUA	glb	1.00	8,000.00	8,000.00
01.08.02	NIVELACION DE BUZONES	und	22.00	575.74	12,666.28
01.08.03	NIVELACION DE CAJAS DE DESAGUE	und	103.00	130.56	13,447.68
01.08.04	NIVELACION DE CAJAS DE AGUA	und	103.00	94.51	9,734.53
01.08.05	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	m2	19,022.98	4.80	91,310.30
01.08.06	BOTADERO PARA ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	glb	1.00	25,000.00	25,000.00
01.08.07	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	18,435.19	18,435.19
02	VEREDAS DE CONCRETO				1,063,059.21
02.01	CORTE SUPERFICIAL MANUAL HASTA 0.40 MT	m3	1,395.71	12.24	17,083.49
02.02	NIVELACION Y COMPACTACION	m2	3,489.28	2.51	8,758.09
02.03	RELLENO CON AFIRMADO Y/O MATERIAL GRANULAR	m3	697.86	29.82	20,810.19
02.04	ACARREO MANUAL DE MATERIAL EXCEDENTE hasta 50 m	m3	1,674.86	4.08	6,833.43
02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1,674.86	15.37	25,742.60
02.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m2	1,164.43	29.78	34,676.73
02.07	VEREDA DE CONCRETO DE F'C=175 kg/cm2 PASTA 1:2 BRUNADO	m2	3,489.28	40.33	140,722.66
02.08	JUNTAS DE DILATACION DE 1"	m	4,206.04	3.39	14,258.48
02.09	BRUNAS DE 1 X 1 cm EN VEREDAS	m	6,424.54	1.67	10,728.98
02.10	SARDINELES				696,756.92
02.10.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA EN SARDINELES	m2	4,792.92	40.11	192,244.02
02.10.02	CONCRETO F'C= 175 KG/CM2 PARA SARDINELES	m3	718.94	385.52	277,165.75
02.10.03	ACERO CORRUGADO EN SARDINELES	kg	33,554.02	6.14	206,021.68
02.10.04	JUNTA LONGITUDINAL E= 1 PULG.	m	5,991.15	3.39	20,310.00
02.10.05	JUNTA TRANSVERSAL E= 1 PULG.	m	299.55	3.39	1,015.47
02.11	AREAS VERDES				86,687.64
02.11.01	CORTE SUPERFICIAL MANUAL HASTA 0.25 MT	m3	1,012.93	10.20	10,331.89
02.11.02	EXCAVACION DE HOYOS PARA PLANTONES	m3	16.19	11.88	192.34
02.11.03	ACARREO MANUAL DE MATERIAL EXCEDENTE hasta 50 m	m3	1,234.94	4.26	5,260.84
02.11.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=5 km	m3	1,234.94	15.37	18,981.03
02.11.05	INCORPORACION DE TIERRA AGRICOLA	m3	1,012.93	27.99	28,351.91
02.11.06	SIEMBRA DE GRAS	m2	4,011.22	5.43	21,780.92
02.11.07	SIEMBRA DE PLANTONES	und	253.00	7.07	1,788.71
03	OBRAS DE DRENAJE Y SUBDRENAJE				165,575.47
03.01	CUNETAS DE CONCRETO				140,980.44
03.01.01	NIVELACION Y COMPACTACION	m2	1,907.81	2.51	4,788.60
03.01.02	RELLENO Y COMPACTADO CON AFIRMADO Y/O MATERIAL GRANULAR	m3	186.01	42.90	7,979.83
03.01.03	CONCRETO F'C= 175 KG/CM2 PARA CUNETAS	m3	190.78	385.52	73,549.51
03.01.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	684.77	42.24	28,924.68
03.01.05	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 PARA CUNETAS	m3	33.37	385.52	12,864.80
03.01.06	ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 KG/CM2 GRADO 60 PARA CUNETAS	kg	2,033.42	6.14	12,485.20
03.01.07	JUNTAS DE DILATACION DE 1"	m	114.40	3.39	387.82
3.02	GEODRENES				24,595.03
03.02.01	EXCAVACION DE ZANJA DE ANCHO 0.30M	m3	44.58	3.86	172.09
03.02.02	INSTALACION DE GEODREN VERTICAL CON TUBØ200mm	m2	127.43	156.00	19,878.77
03.02.03	RELLENO Y COMPACTADO CON AGREGADO GRUESO 1/2"	m3	37.91	42.90	1,626.38
03.02.04	TUBERIA DE 200mm PARA FLUJO DE SALIDA A CAJA RECEPTORA	ML	140.00	12.27	1,717.80
03.02.05	CAJA RECEPTORA DE FLUJOS	GLB	1.00	1,200.00	1,200.00
COSTO DIRECTO					S/ 4,196,947.89
GASTOS GENERALES (10.00%)					S/ 419,694.79
UTILIDAD (10.00%)					S/ 419,694.79
SUB TOTAL					S/ 5,036,337.48
I.G.V. (18%)					S/ 906,540.75
VALOR REFERENCIAL					S/ 5,942,878.23
COSTO DE ELABORACION DEL EXPEDIENTE TECNICO					S/ 178,286.35
COSTO DE SUPERVISION					S/ 237,715.13

PRESUPUESTO TOTAL	S/. 6,358,879.70
-------------------	------------------

ANEXO 05

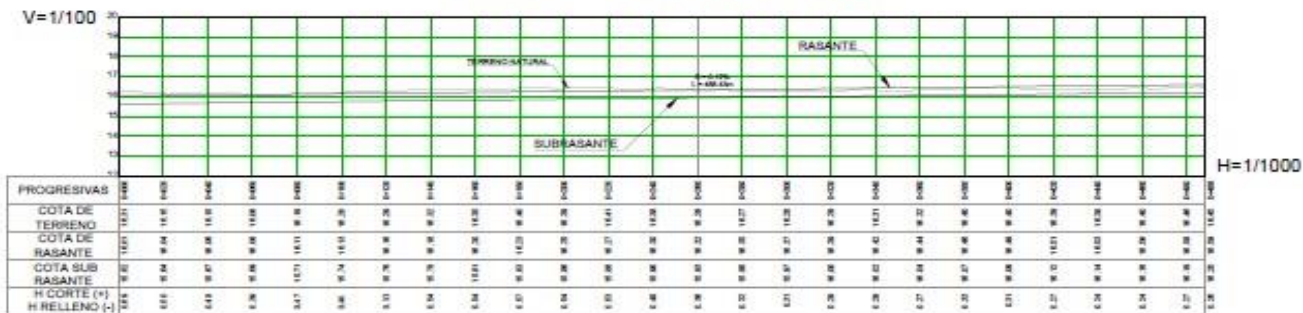
PLANOS



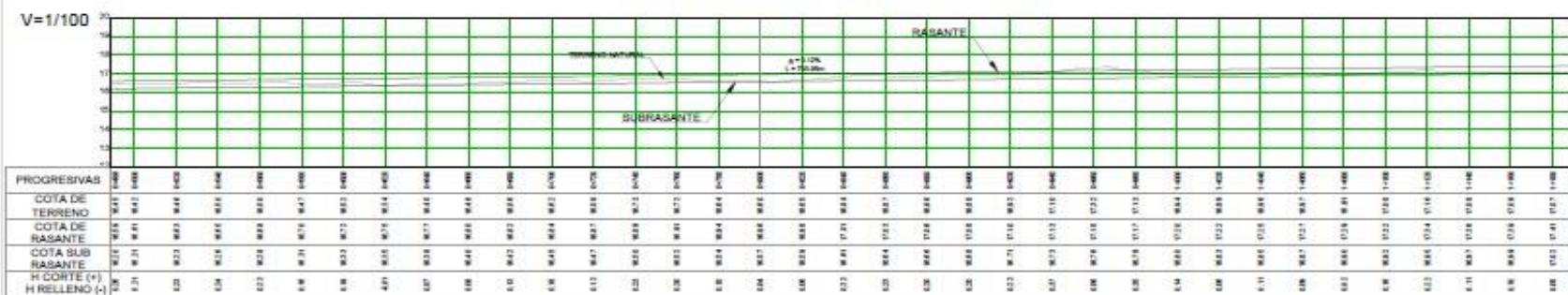


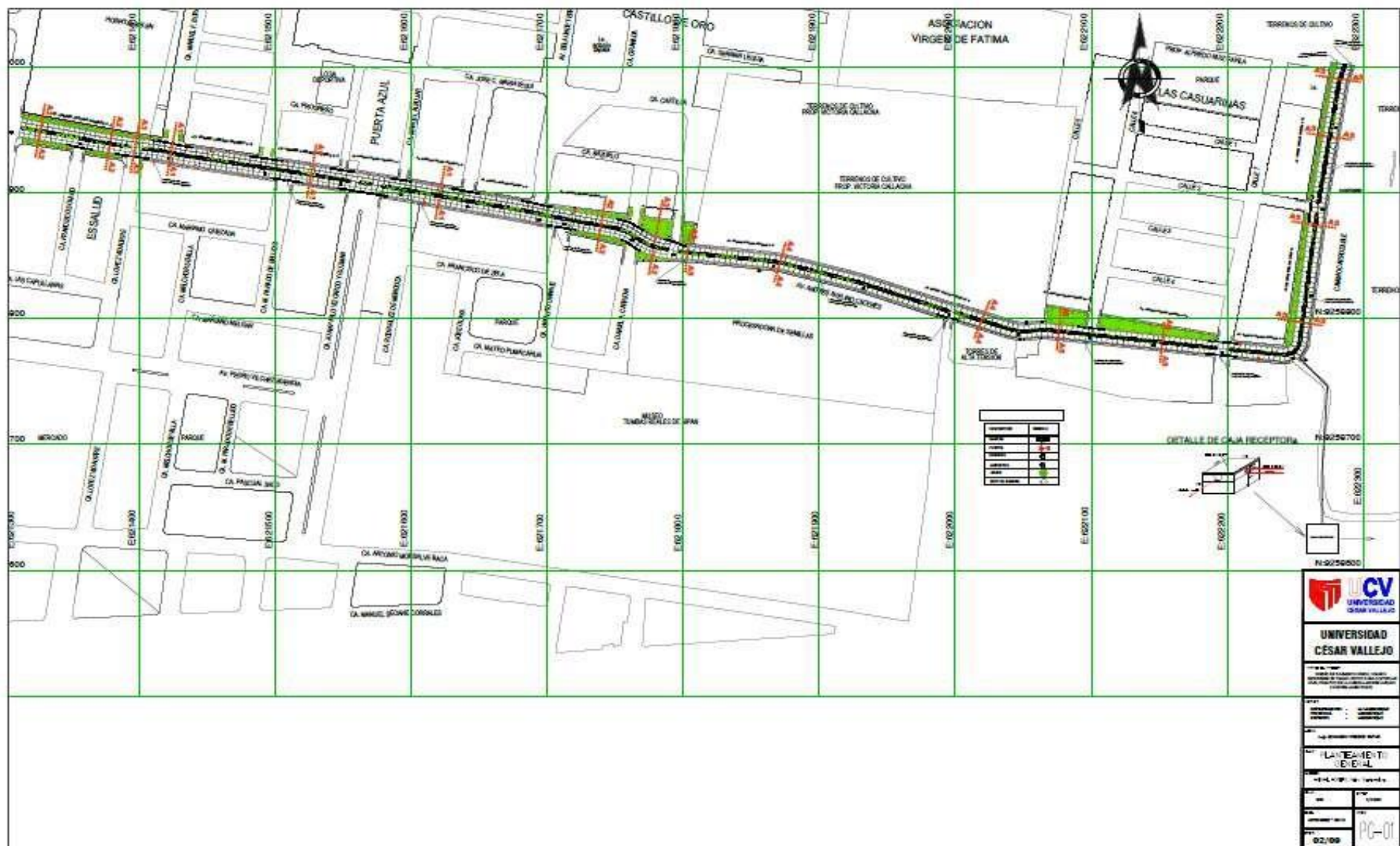
[illegible][illegible]

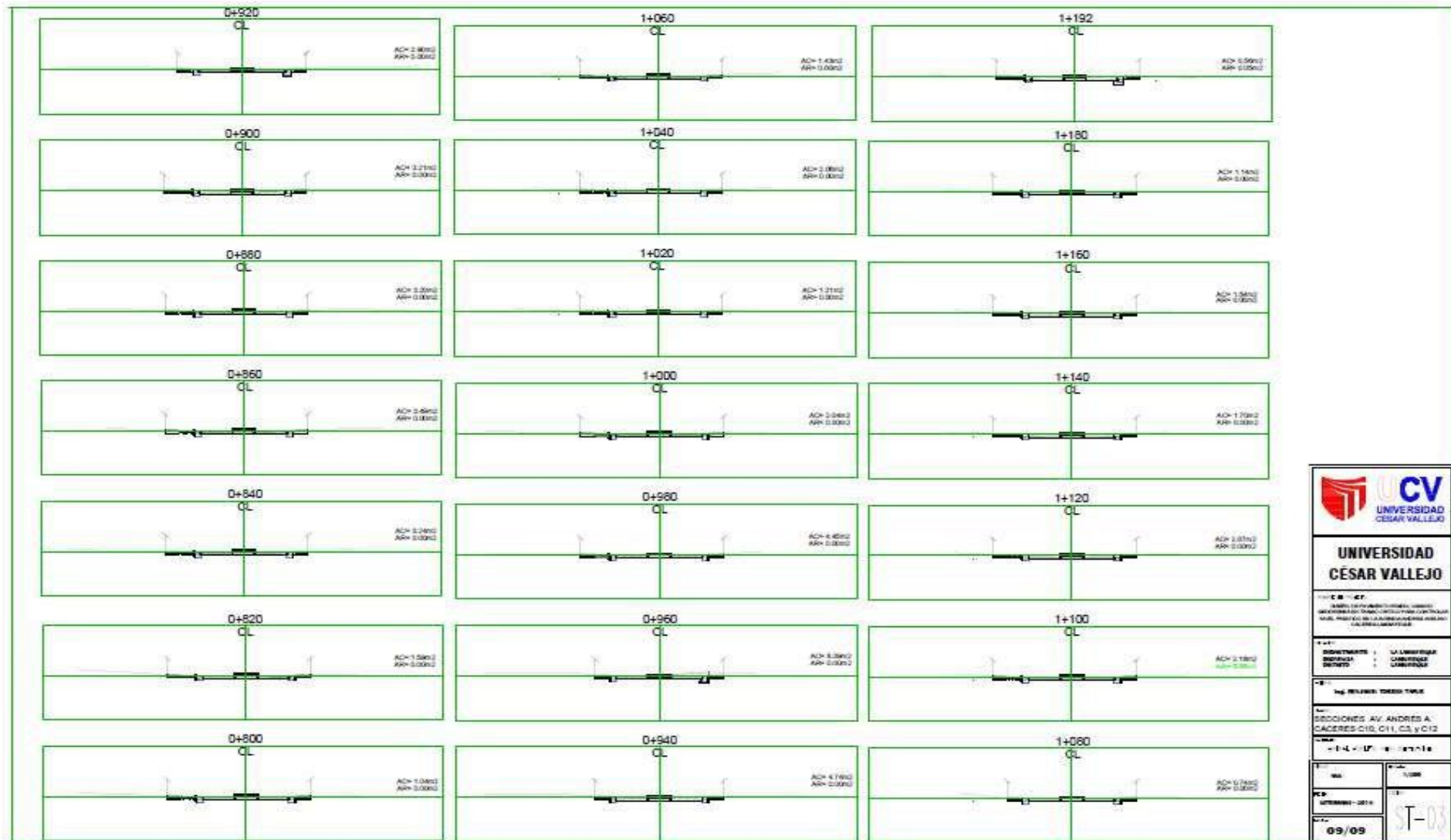
PERFIL AV. ANDRÉS A. CACERES C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 Y C8
ESCALA: H=1/1000 V=1/100



PERFIL AV. ANDRES A. CACERES C9, C10, C11 Y C12
ESCALA: H=1/1000 V=1/100







ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Dr. Herry Lloclla Gonzales, Director de Investigación, y revisor del trabajo académico titulado: "DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO USANDO GEODRENES EN TRAMO CRÍTICO, PARA CONTROLAR NIVEL FREÁTICO EN LA AVENIDA ANDRES AVELINO CÁCERES, LAMBAYEQUE".

Del Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:

NIÑO SANTISTEBAN, ANIBAL ADOLFO

Constato que, el citado trabajo académico tiene un índice de similitud del **12%**, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio; en tanto, cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Pimentel, 15 de Noviembre de 2018.


 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO S.A.C.**

Dr. Herry Lloclla Gonzales
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
CAMPUS CHICLAYO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

NINO SANTISTEBAN ANIBAL ADOLFO

D.N.I. :

17636046

Domicilio :

Mz 1C Lote 23 Urb. Los Dunas - LAMBAYEQUE

Teléfono :

Fijo :

Móvil : 920 226040

E-mail :

aninas2020@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

☒ Tesis de Pregrado

Facultad :

INGENIERÍA

Escuela :

INGENIERÍA CIVIL

Carrera :

INGENIERÍA CIVIL

Título :

INGENIERÍA CIVIL

☐ Tesis de Post Grado

☐ Maestría

☐ Doctorado

Grado :

Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

NINO SANTISTEBAN ANIBAL ADOLFO

Título de la tesis:

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODINAMOS EN TRAMO CRÍTICO PARA
CONTROLAR MOVILIDAD EN LA BUENOS AIRES AVELINO CACERES LAMBAYEQUE

Año de publicación :

2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Fecha :

26 Enero 2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
EP DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

AUSOL ADOLFO NIÑO SANTISTEBAN

INFORME TITULADO:

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO GEODIENES EN TRAZO CRÍTICO,
PARA CONTROLAR NIVEL FIESTICO EN LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CORDERO,
LAHUYESLE.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE: INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 07 DE DICIEMBRE 2018

NOTA O MENCIÓN: Aprobación por unanimidad



[Firma]
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN